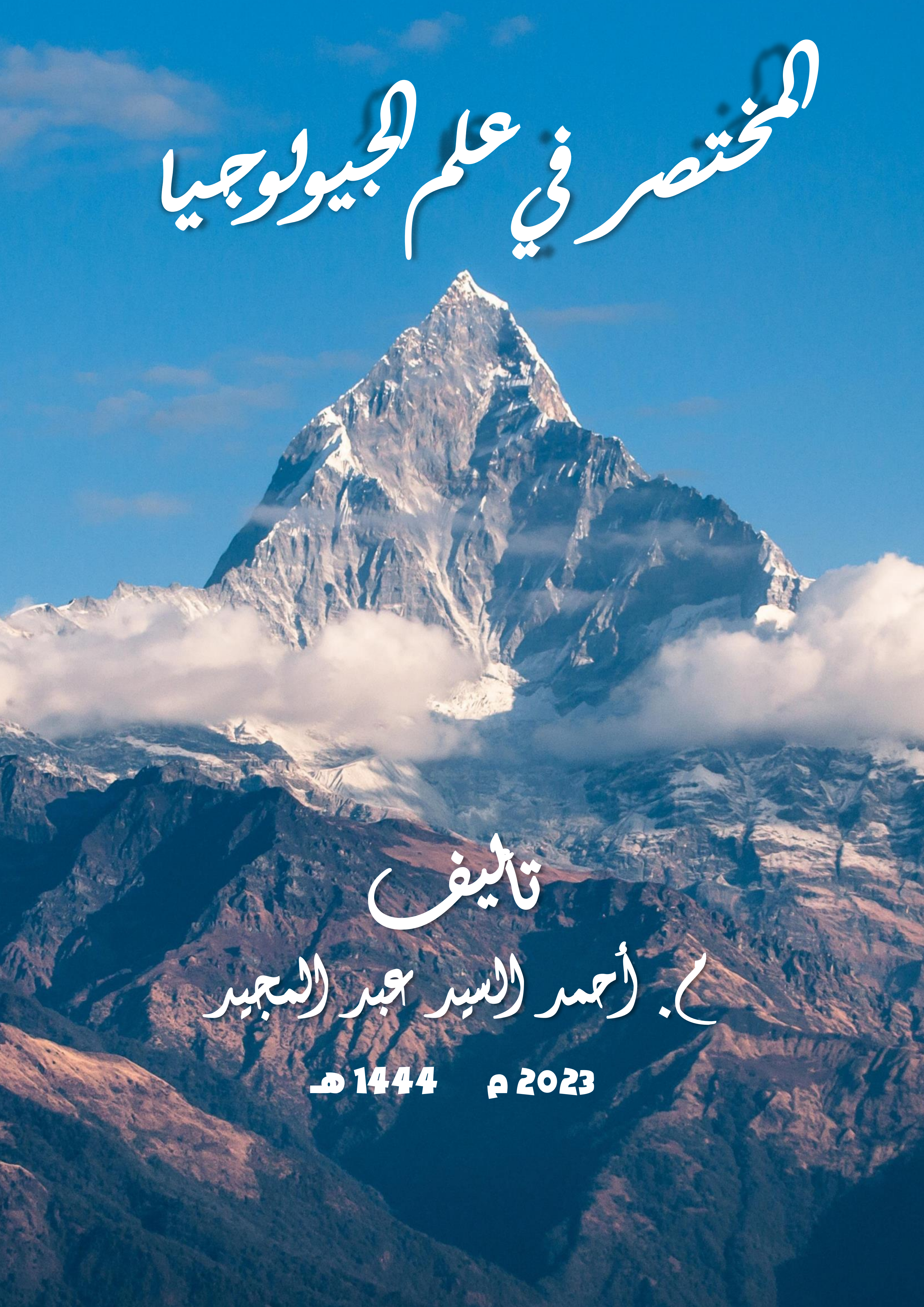

المختصر في علم الجيولوجيا
تأليف
م. أحمد السيد عبد المجيد
2023 م 1444 هـ

المختصر في علم الجيولوجيا

أعداد وتاليف

م. أحمد السيد عبد المجيد

2023 م 1444 هـ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ رَبِّ اشْرَحْ لِي صَدْرِي ۞ وَيَسِّرْ لِي أَمْرِي ۞ وَاحْلُلْ عُقْدَةً مِّن لِّسَانِي ۞ يَفْقَهُوا قَوْلِي ﴾

إهداء

إلى كل طالب علم فى اى مكان

إلى كل طالب عربى يدرس الجيولوجيا

أهدى اليه كتاب المختصر فى علم الجيولوجيا

داعيا الله عز وجل

أن يكون فى العون

والوسيلة ....

أعداد وتاليف

م. أحمد السيد عبد المجيد

الباب الأول

مقدمة عامة

عندما تسمع في نشرة الأخبار عن ثورة بركان أو الأضرار التي تلحق بالبشر والمبانى والمدن من جراء حدوث الزلازل ، وعندما نشاهد الأفلام وخصوصاً الأفلام الهندية ونرى المشاهد الرائعة لسهول الجبال ، وعندما نرى جبال البحر الأحمر المختلفة الألوان وشواطئه الخلابة ، وعندما تسبح بعينك في بحار رمال الصحراء الغربية وتنزل بخاطرك إلي واحات مصر الباهرة ، فهذه البقع الخضراء تقع في قلب الصحراء ، ولعله يدور في ذهنك ما هو العلم الذي يهتم بدراسة كل هذه الظواهر؟

فتاتيك الإجابة بأن مثل هذه الموضوعات يـهتم بها الجيولوجيون *Geologists* ، وعلم الجيولوجيا هو العلم الذي يدرس كل ما له علاقة بالأرض ، جوفها وسطحها ، صخورها ومعادنها ، تربتها ورمالها ، أنهارها وبحارها ، جبالها ووديانها ، وكل تغيير قد يطرأ علي سطحها ، وكل تغيير قد يطرأ فى جوفها ، وكل الظواهر التي تحدث عليها من براكين وزلازل وغيرها ، ولسنا ندرس الأرض في الحاضر فقط بل ندرس ما كانت عليه في الماضي وندرس الحالة التي كانت عليها الصخور قبل ملايـيـن السنين بناءً علي أدلة نراها في الحاضر.

ولكن لماذا علينا أن ندرس الأرض؟

الإجابة بكل بساطة لأن الأرض هي بيتنا ، ونحن نعتمد علي الأرض في كل شيء ، نشرب من مائها ونتنفس هواءها ونزرع علي تربتها ونستخرج منها مواردنا ؛ لذلك إذا كنا نريد تحقيق أكبر إستفادة من كوكبنا فعلينا أن ندرسه بالتفصيل ، فندرس التربة وأنواعها وتفسير تكونها ، وندرس الصخور والمعادن وما تحويان من موارد وفلزات وثروات.

ونحن أيضاً نبني علي الأرض مساكننا ، فإن لم نتنبأ بإستقرار القاعدة التي نبني عليها وأحتمال وقوع الزلازل فيها فكيف نبني ، فالعديد من الحوادث تقع بسبب التقرير الجيولوجي الخاطئ ، فيحدث إنهدام تام لمبنى ما بسبب التقرير الجيولوجي الهندسي الخاطئ للقاعدة ، أو ربما يقفل طريق بسبب سقوط الصخور الضخمة الكثيرة من جبل مجاور للطريق ، أو ربما ينشق الطريق إنشقاقاً ضخماً بسبب قوي تكتونية ؛ مما يؤدي لفشل الطريق وإنعدام الأمان أثناء السير فيه.

بالإضافة إلي ذلك نحتاج لدراسة ماضي الأرض وآلية تكون الجبال والأنهار وتفسير ظواهرها الماضية حتي نتمكن من التنبؤ بأحداث جيولوجية مستقبلية ، ونحتاج أن نتعلم التغيير المناخي الذي حدث في الماضي وسببه حتي نتمكن من تجنب حدوث المزيد من التغيير مستقبلاً ، فمن أجل التنبؤ بالمستقبل كان ضرورياً أن ندرس الحاضر والماضي.

تنقسم الجيولوجيا إلي قسمين

1. **الجيولوجيا الطبيعية *Physical Geology* : تهدف إلي دراسة الأرض والعمليات التي شكلت الأرض والعمليات التي تحدث في باطن الأرض وعلي سطحها ، كما إنها تهتم بدراسة المعادن والصخور المكونة للقشرة الأرضية.**
2. **الجيولوجيا التاريخية *Historical Geology* : تهتم بدراسة وفهم أصل الأرض وكيفية نشاتها وعمر الأرض والأحداث الجيولوجية التي حدثت خلال تاريخ الأرض.**

مولد علم الجيولوجيا

نشر العالم جيمس هاتون عام 1795 م نظرية عن الأرض تسمي بالتجانسية *Uniformitarianism* وهي بداية لعلم الجيولوجيا الحديثة ، وتنص هذه النظرية علي أن القوانين الطبيعية والكيميائية والبيولوجية آلتي تحدث اليوم أيضاً حدثت في الماضي ، أي أن العمليات والقوي آلتي نلاحظها الآن وتلعب دوراً في تشكيل كوكبنا فهي تلعب أيضاً منذ وقت بعيد جداً ، ولخصت هذه النظرية بمقولة أن الحاضر هو مفتاح الماضي *The present is the key to the past*.

أهمية علم الجيولوجيا

1. دراسة طبيعة الأرض و التعرف علي صلاحيتها من حيث إمكانية بناء إنشاءات عمرانية عليها.
2. إمكانية التنبؤ بوقوع الزلازل والبراكين.
3. الكشف عن آبار البترول والغاز الطبيعي.
4. التنقيب عن الثروات المعدنية مثل الذهب والفضة وغيرها من المعادن.
5. الكشف عن مناطق تجمع المياه في باطن الأرض وإستخراجها.
6. البحث عن المواد الآولية التي تدخل في الصناعات الكيميائية مثل عناصر الكبريت والكالسيوم ، وكذلك المواد الآولية التي تدخل في مواد البناء مثل الحجر الجيرى الذي يدخل بشكل أساسي في صناعة الأسمنت.

فروع علم الجيولوجيا ← لعلم الجيولوجيا فروع كثيرة وفيما يلي سنقوم بذكر أهم فروع علم الجيولوجيا :-

1. علم شكل الأرض ***Geomorphology*** : وهو العلم الذي يـهتم بدراسة تضاريس الأرض وعملياتها وشكلها ورواسبها علي سطح الأرض وأحياناً علي الكواكب الأخري.
2. علم الجيوفيزياء ***Geophysics*** : وهو العلم الذي يـهتم بدراسة فيزيائية الأرض مثل تركيبها الداخلي وجاذبيتها ، ويستخدم هذا العلم في عمليات البحث عن النفط والرواسب المعدنية.
3. علم الجيوكيمياء ***Geochemistry*** : وهو العلم الذي يقوم بإستكشاف التركيب الكيميائي للصخور والسوائل والعمليات الكيميائية التي تحدث داخل الأرض وعلي سطحها.
4. علم الموارد الطبيعية ***Natural Resources*** : وهو العلم الذي يتعلق بدراسة الموارد الطبيعية الغير متجددة كالنفط والفحم والغاز الطبيعي ، وكذلك الموارد الطبيعية المتجددة كالطاقة الشمسية.
5. علم الجيولوجيا البيئية ***Environmental Geology*** : وهو العلم الذي يـهتم بتطبيق المعرفة الجيولوجية في البحث والتحقيق عن العمليات التي تحدث علي سطح الأرض أو بالقرب منها للتخفيف من المخاطر الطبيعية.
6. علم المخاطر الطبيعية ***Natural Hazards*** : وهو العلم الذي يـهتم بدراسة آثار الظواهر الطبيعية كالزلازل والبراكين والفيضانات والإنهيارات الأرضية وغيرها.
7. علم الزلازل ***Seismology*** : وهو العلم الذي يـهتم بدراسة الأمواج الزلزالية التي تمر عبر الأرض والتي يمكن إستخدامها للتنبؤ بمخاطر الزلازل أو أستكشاف الموارد أو رسم خريطة داخلية للأرض.
8. علم البراكين ***Volcanology*** : وهو العلم الذي يـهتم بدراسة البراكين ومواقعها والتنبؤ بحدوثها والمخاطر المرتبطة بها.
9. علم الصخور ***Petrology*** : وهو العلم الذي يـهتم بدراسة صفات وأصل الأنواع المختلفة من صخور القشرة الأرضية.
10. علم المعادن ***Mineralogy*** : وهو العلم الذي يـهتم بدراسة المعادن المكونة للصخور الداخلة في تكوين القشرة الأرضية ومعرفة نشاتها وخواصها وتشكيلها وتصنيفها وتركيبها الكيميائي وتركيبها البللوري وكذلك أستخدامها.
11. علم البللورات ***Crystallography*** : وهو العلم الذي يـهتم بدراسة الأشكال الظاهرية المتعددة والتركيب الذري الداخلي لبلورات المعادن المختلفة.
12. علم الطبقات ***Stratigraphy*** : وهو العلم الذي يـهتم بدراسة الصخور التي توجد علي هيئة طبقات وتدرس من ناحية طريقة تكوينها أي بيئة الترسيب وتوزيعها الجغرافي والزمني وتعاقبها ومضاهاتها مع الطبقات الأخري بالإضافة إلي تقسيمها إلي وحدات طباقية.
13. علم التأريخ الجيولوجي ***Geochronology*** : وهو العلم الذي يـهتم بدراسة تحديد عمر الصخور والأحافير والرسوبيات.

14. علم الحفريات ***Palaeontology*** : وهو العلم الذي يـهتم بدراسة الحفريات بجميع أشكالها من الديناصورات إلي الكائنات الحية الدقيقة ، وكيفية حفظ الكائنات الحية في السجل الصخري ، وأهميتها كدليل للتغير البيئي في الماضي.
15. علم الجيولوجيا التركيبية ***Structural Geology*** : وهو العلم الذي يـهتم بدراسة العمليات التي تؤدي إلي تشكل التراكيب الجيولوجية المختلفة وكيفية تأثير هذه التراكيب علي صخور القشرة الأرضية.
16. علم الجيولوجيا الهندسية ***Engineering Geology*** : وهو العلم الذي يـهتم بدراسة المشاكل الهندسية المختلفة كتحديد خطر الزلازل أو الهبوط الذي يحدث في بعض المناطق وإقامة الطرق وغيرها من الأعمال الهندسية.
17. جيولوجيا المناجم ***Mining Geology*** : وهو العلم الذي يـهتم بدراسة ومعرفة أماكن وجود الخامات والرواسب المعدنية ذات القيمة الأقتصادية الهامة مثل الفحم وأحجار البناء والفوسفات ..... الخ.
18. جيولوجيا المياه ***Hydrology*** : وهو العلم الذي يتعلق بالمياه الجوفية والسطحية وحركتها وسلوكها وجودتها.
19. علم جيولوجيا البترول ***Petroleum Geology*** : وهو العلم الذي يـهتم بدراسة كيفية تجمع البترول وطرق البحث عنه.
20. الأستشعار عن بعد ***Remote Sensing*** : وهو العلم الذي يستخدم أنظمة الإستشعار الجوي لكشف وتصنيف الأجسام علي الأرض عن طريق تصويرها من خلال الأقمار الصناعية أو الطائرات ، وتتلخص أهمية هذا العلم في رسم الخرائط الجيولوجية وأستكشاف الموارد الطبيعية ومراقبة المخاطر الجيولوجية.

الكرة الأرضية

الكرة الأرضية هي خامس أكبر الكواكب في المجموعة الشمسية وثالث أبعد الكواكب عن الشمس ، وكوكب الأرض هو الكوكب الوحيد الذي له قمر واحد وهو جسم طبيعي كبير يدور حول الأرض ؛ حيث يستفيد الإنسان من هذه الحركة في معرفة الأيام والليالي فقد بنيت العديد من التقاويم المختلفة بناءً علي هذه الحركة المستمرة ومن بينها التقويم العربي الهجري الذي يستعمل بشكل كبير في تحديد مواعيد العبادات ... الخ ، ويأخذ كوكب الأرض شكل جسم شبيه بالكرة منضغط قليلاً عند القطبين ، وقد سمى الجغرافيين الخط الوهمى الذى يصل بين قطبى الأرض بالمحور ، كما أطلقوا علي الدائرة الوهمية التي تفصل نصفها الشمإلي عن نصفها الجنوبي بخط الأستواء.

ويتميز كوكب الأرض عن سائر الكواكب في مجموعتنا الشمسية بمميزات عديدة منها وفرة الأكسجين في الغلاف الجوي والمياه السائلة علي سطحه ، وكلاهما من أهم مقومات الحياة ؛ لذلك يعتبر الكوكب الوحيد المعروف الذي تسكنه الكائنات الحية بأنواعها المختلفة وعلي رأسها الإنسان ، ويُقسم سطح الأرض إلي قسمين رئيسيين ، المسطحات المائية واليابسة ، حيث تعتبر المسطحات المائية الجزء الأكبر من الأرض ، فالماء من العناصر التي لا يمكن للكائنات الحية الإستغناء عنها إلي جانب كونه يعتبر بيئة مناسبة لعيش العديد من الأنواع منها ، أما اليابسة فهي الجزء الذي يعيش عليه قسم كبير من الكائنات الحية ، حيث تتوفر لهم عليها أسباب المعيشة المتنوعة.

الكواكب Plantes

الكواكب تسعة وأكتشف منذ عدة سنوات كوكب عاشر يدورون حول الشمس ، والكواكب هي عطارد والزهرة والأرض والمريخ والمشترى وزحل ويورانوس ونبتون وبلوتو ، وتم تقسيم هذه الكواكب أعتماداً علي تكوينهما ؛ حيث أن الأربعة كواكب القريبة من الشمس (عطارد ، الزهرة ، الأرض ، المريخ) تتكون أساساً من الصخور ويطلق عليها الكواكب الأرضية ، بينما الأربعة كواكب الكبيرة الأخري (المشترى ، زحل ، يورانوس ، نبتون) تتكون أساساً من الهيدروجين والهيليوم ويطلق عليها العمالقة الغازية ، ويختلف كوكب بلوتو في إنه يتكون من صخر مثلج وجليد.

أغلفة الكرة الأرضية

1. الغلاف الصخري ***Lithosphere*** : يمثل هذا الغلاف الصخور والمعادن المختلفة التي تُكون سطح القشرة الأرضية الذي نعيش عليه ، ويتأثر الغلاف الصخري بجميع الأغلفة الأخري ؛ حيث أنها تساهم في تكوين معالمه وتحديد أشكال وأنواع صخوره ومعادنه ، ويتكون الغلاف الصخري من القشرة الأرضية والوشاح ولب الأرض.
2. الغلاف المائي ***Hydrosphere*** : يُغطي هذا الغلاف حوالي 72 % من مساحة الكرة الأرضية ، ويشمل كل المياه الموجودة علي سطح الأرض من محيطات وبحار وبحيرات وأنهار ، ولا يقتصر الغلاف المائي علي المياه السطحية فقط بل يشمل أيضاً المياه الجوفية التي تتخلل الصخور المسامية وتتسرب خلال الفجوات والشقوق.
3. الغلاف الجوى ***Atmosphere*** : وهو الغلاف الذي يحيط بالأرض من جميع الجهات ، ويؤثر علي مناخ الكرة الأرضية علي المدى الطويل ، ويحمينا من الأشعاعات الكونية الضارة مثل الأشعة الفوق البنفسجية ويمنع وصولها إلي الأرض ، ويحتوي هذا الغلاف علي العديد من الغازات التي تحتاجها الكائنات الحية في عيشها علي كوكب الأرض ، وهي كالأتى :-

- غاز النيتروجين : 78 %
- غاز الأكسجين : 21 %
- غازات أخرى مثل الأرجون وثانى أكسيد الكربون والهيدروجين والهيليوم : 1 %

ويتكون الغلاف الجوي من خمس طبقات رئيسية تتداخل في بعضها البعض مما يجعل الفصل بينهم غير ممكن ، وهي علي الترتيب الأتي : التروبوسفير، والستراتوسفير، والميزوسفير، والثيرموسفير، والإكزوسفير.

التركيب الداخلي للكرة الأرضية

أولاً : القشرة الأرضية *Crust* ◄ تُعد القشرة الأرضية بمثابة غلاف خارجي رقيق يتراوح سمكه (5 - 70 كم) ، وهي الطبقة الوحيدة من الأرض التي لها أتصال مباشر مع الناس وتتكون القشرة نفسها من جزئين وهما :-

- قشرة قارية ***Continental Crust*** : يمتد عمق هذه القشرة (60 كم) وتوجد تحت القارات ، وكانت تعرف قديماً بإسم صخور السيال Sial ، وهي تتكون من السيليكون والألومنيوم مثل صخر الجرانيت ، وقد أشتق إسم السيال من الرمز الكيميائي لعنصري السيليكا Si والآلومنيا AL.
- قشرة محيطة ***Oceanic Crust*** : يمتد عمق هذه القشرة (8 - 12 كم) وتوجد تحت المحيطات ، وكانت تعرف قديماً بإسم صخور السيما Sima ، وهي عبارة عن صخور أكبر كثافة من صخور القشرة القارية وتتكون من السيليكون والماغنسيوم مثل صخر البازلت ، وقد أشتق إسم السيما من الرمز الكيميائي لعنصري السيليكا Si والماغنسيوم Mg.

ثانياً : الوشاح & الستار *Mantel* ◄ وهو يمثل 80 % من حجم الكرة الأرضية ويتكون من جزئين وهما :-

- جزء علوي ***Upper Mantel*** : ويطلق علي هذا الجزء إسم الغلاف المائع ***Athenosphere*** ، ويوجد في هذا الجزء ما يطلق عليه الماجما ، وهي عبارة عن صخور لدنه مائعة تتصرف تصرف السوائل تحت ظروف خاصة من الضغط ودرجة الحرارة مما يساعد علي إنتشار تيارات الحمل مما يؤدي إلي حركة القارات فوقها ؛ ولذلك يطلق علي الجزء العلوي من الوشاح إسم الغلاف الحركي ، وهذا الجزء يمتد (350 كم) بَعد عمق القشرة الأرضية.
- جزء سفلي ***Lower Mantel*** : وهو عبارة عن جزء صلب غني بأكاسيد الحديد والسيليكون والماغنسيوم.

ثالثاً : جوف الأرض & لب الأرض *Core* ◄ يمكن تقسيم جوف الأرض إلي جوف خارجي *Outer Core* وهو عبارة عن جزء منصهر من الحديد والنيكل ، وجوف داخلي *Inner Core* وهو عبارة عن جزء صلب غني بالحديد وهو أكبر كثافة من الجزء الخارجي.

ولعله يدور في ذهنك سؤال وهو لماذا لا تنغمس القشرة الأرضية (وهي عبارة عن جزء صلب) في الجزء العلوي من الوشاح (وهو عبارة عن جزء لدن مائع) وكذلك لماذا لا ينغمس الجزء السفلي من الوشاح في الجزء الخارجي من جوف الأرض؟

فتاتيك الإجابة بأن هذا بسبب أختلاف الكثافة ، وكثافة القشرة الأرضية أقل من الجزء العلوى من الوشاح ، وكثافة الجزء الخارجي من لب الأرض أكبر من كثافة الجزء السفلي من الوشاح.

الشواهد الدالة علي التركيب الداخلي للكرة الأرضية

يعد باطن الأرض مجهول بالنسبة للإنسان ولا يستطيع ملاحظته مباشرة من علي سطح الأرض ، وأعمق حفر وصل إليه الإنسان علي الأرض يقترب من (13 كم) وهو بذلك ما زال في القشرة الأرضية وبعيداً عن طبقة الوشاح.

وصحيح إن سطح الأرض يستطيع أن يمدنا ببعض الأدلة لما هو موجود أسفله فعلي سبيل المثال الحمم البركانية آلتي تنبعث من البراكين هي شاهد علي درجات الحرارة المرتفعة جداً داخل الأرض ؛ لذلك أعتمد علماء الأرض علي نوع واحد من الطرق الغير مباشرة حيث أعتمدت هذه الطرق علي سريان الموجات الزلزالية خلال الأرض ولكن ما هي الموجات الزلزالية *Seismic waves* ؟؟

الموجات الزلزالية

كيفما يفعل الخفاش في طيرانه وعدم إصطدامه بالمباني بالرغم من أنه طائر أعمى فهو يصدر أصواتاً تصطدم بالعائق أمامه ثم يستقبلها مرة أخرى ليتفادى هذا العائق (سبحان الله).

بنفس الطريقة فعندما يحدث زلزال فجاه يسبب هزات أرضية تسبب موجات تصادمية في الأرض تسمي الموجات الزلزالية ، وأستخدم علماء الأرض لتحديد هذه الموجات الزلزالية وتسجيلها جهاز يطلق عليه السيزموجراف *Seismograph* ، وتوضع السيزموجرافات في كل مكان علي سطح الأرض وبمقارنة شدة وزمن وصول الموجات في أماكن مختلفة أستطاع العلماء أستنتاج معلومات قيمة عن باطن الأرض.

والموجات الزلزالية أنواع عديدة جداً تنتجها الزلازل ، ومن ضمن هذه الأنواع نوعان مهمان لدراسة باطن الأرض تسمي الموجات الأولية (*P-Wave*) والموجات الثانوية (*S-Wave*) ، حيث أن الموجات الأولية تسير في جميع الأوساط سواء كان الوسط صلب أو سائل أو شبه سائل ، بينما الموجات الثانوية تسير خلال الأوساط الصلبة فقط ، ومن خلال ذلك لأحظ العلماء أن الموجات الثانوية تَرتد من علي سطح الطبقة الخارجية المكونة لجوف الأرض ، وهذا دليل علي أن الجزء الخارجي من جوف الأرض سائل أو شبه سائل وليس بصلب كما ذكرنا.

عمر الأرض

يُقدر عمر الأرض بما يُقارب 4600 مليون سنة (4.6 مليار سنة) ، حيث أن الإنسان تعود في حياته اليومية علي إن الزمن هو الثانية والدقيقة أو السنين فكان من الصعب عليه أن يتفهم العمر الجيولوجي والذى يقدر في أقل الحالات بآلاف السنين ، فثلاثة أرباع الزمن الجيولوجي إنقضي قبل ظهور الحياة علي سطح الأرض التي تم حفظها علي هيئة حفريات ، فلو إننا أفترضنا إن عمر الأرض يقدر حوالي 24 ساعة فمعني هذا أن الإنسان سوف يظهر في آخر ثانية أو في الثواني الأخيرة من هذا العمر ولك أن تقدر عمر الإنسان من عمر الأرض من هذا المثال.

مقياس الزمن الجيولوجي

يعرف مقياس الزمن الجيولوجي ***Geological Time Scale*** بأنه تقسيم لتاريخ الأرض وأحداثها بناءً علي أشكال الحياة التي سادت في أوقات محددة منذ نشأتها ، وقد عثر علي معظم أشكال الحياة القديمة من خلال دراسة الأحافير حيث وفرت دراسة الأحافير معلومات عن تاريخ الأرض وتطور الحياة ، وتمكن الجيولوجيين من وضع العمود الجيولوجي ***Geologic Column*** كتقويم يشمل كل تاريخ الأرض ، ومنذ نشاة العمود الجيولوجي في بدايات القرن التاسع عشر فأنه يتم تحديثه بإستمرار حتي يصل إلي أوضح رؤية لتاريخ الأرض وعلي هذا فان أخر أصدار للعمود الجيولوجي كان في عام 2022.

<table>
<tr><th>دهر Eon</th><th colspan="2">حقبة Era</th><th>عصر Period</th><th>حين / فترة Epoch</th></tr>
<tr><td rowspan="16">دهر الحياة المعلومة
بدا منذ 542 مليون سنة
يشكل 13 % من عمر الأرض.</td><td rowspan="7" colspan="2">حقبة الحياة الحديثة
Cenozoic</td><td rowspan="2">العصر الرابع
Quaternary</td><td>Holocene الهولوسين</td></tr>
<tr><td>Pleistocene البلستوسين</td></tr>
<tr><td rowspan="5">العصر الثالث
Tertiary</td><td>Pliocene البليوسين</td></tr>
<tr><td>Miocene الميوسين</td></tr>
<tr><td>Oligocene الاليجوسين</td></tr>
<tr><td>Eocene الإيوسين</td></tr>
<tr><td>Paleocene الباليوسين</td></tr>
<tr><td rowspan="3" colspan="2">حقبة الحياة المتوسطة
Mesozoic</td><td>Cretaceous الطباشيري</td><td rowspan="3">----</td></tr>
<tr><td>Jurassic الجوراسي</td></tr>
<tr><td>Triassic الترياسي</td></tr>
<tr><td rowspan="6">حقبة الحياة القديمة
Paleozoic</td><td rowspan="3">المتاخر
Late</td><td>Permian البرمي</td><td rowspan="6">-----</td></tr>
<tr><td>Carboniferous الكربوني</td></tr>
<tr><td>Devonian الديفوني</td></tr>
<tr><td rowspan="3">المبكر
Early</td><td>Silurian السيلوري</td></tr>
<tr><td>Ordevician الأوردفيشي</td></tr>
<tr><td>Cambrian الكمبري</td></tr>
<tr><td rowspan="3">دهر الحياة الغير معلومة
" ما قبل الكمبري "
يشكل 87 % من عمر الأرض.</td><td colspan="2">الحياة الأبتدائية (الأولية)
Proterozoic</td><td>----</td><td>----</td></tr>
<tr><td colspan="2">Archean الحياة السحيقة</td><td>----</td><td>----</td></tr>
<tr><td colspan="2">Hadean الهديان</td><td>----</td><td>----</td></tr>
</table>

نبذة مختصرة عن أهم الأحداث خلال الزمن الجيولوجي

أولاً : أحداث ما قبل الكمبري ***Pre-Cambrian***

- نشأة الأرض (منذ 4600 مليون سنة).
- تكوين أقدم صخور علي الأرض وهي ما تعرف بصخور القاعدة ***Basement Rocks***.
- ظهور أول بكتيريا وطحالب علي الأرض (منذ 3500 مليون سنة).
- تكون الأكسجين في الهواء الجوي منذ بداية حقبة الحياة الأبتدائية.
- ظهور أول كائنات حية عديدة الخلايا.

ثانياً : أهم الأحداث في حقبة الحياة القديمة ***Paleozoic***

- ظهور أول كائنات حية صدفية في العصر الكمبري.
- ظهور أول أنواع الأسماك في العصر الأوردفيشى.
- ظهور أول نباتات أرضية في العصر السيلوري.
- بداية تكوين رواسب الفحم مع نهاية العصر الديفوني وحتي العصر الكربوني.
- ظهور الأشجار البدائية في أول العصر الكربوني.
- ظهور الزواحف خلال العصر الكربوني (قبل 300 مليون سنة).
- بداية أنفصال وتفكك قارة بانجيا في نهاية العصر البرمي وحتي بداية حقبة الحياة المتوسطة.

ثالثاً : أهم الأحداث في حقبة الحياة المتوسطة ***Mesozoic***

- نشاة المحيط الأطلسي خلال العصر الترياسي.
- ظهور بدائيات الطيور والثدييات مع بداية العصر الجوراسي ، وظهور أول نباتات زهرية مع نهاية العصر الجوراسي.
- تكوين جبال روكي والألب وظهور وأختفاء الديناصورات[1] خلال العصر الطباشيري.

رابعاً : أهم الأحداث في حقبة الحياة الحديثة ***Cenozoic***

- فتح بحر النرويج وظهور الحيوانات الرئيسية مثل الشمبانزي مع بداية فترة الباليوسين.
- فصل قارة أستراليا عن القارة القطبية الشمالية وظهور الحصان الأول مع بداية فترة الإيوسين.
- مع نهاية فترة الإيوسين وحتي فترة الاوليجوسين أندمجت الهند مع قارة آسيا ونشاة المحيط الهندي.
- نشاة البحر الأحمر مع بداية فترة الميوسين.
- ظهور القرد الجنوبي المتوحش مع بداية فترة البليوسين.
- ظهور أقدم أدوات حجرية للمخلوقات الشبيهة بالإنسان في تأريخ الأرض خلال فترة البلستوسين.
- مع نهاية فترة البلستوسين وبداية الهولوسين خلق الله الإنسان ونزل الأرض (والله أعلي وأعلم).
- خلال فترة الهولوسين تم ثقب طبقة الآوزون وتلوث البيئة الأرضية وغرق بعض الشواطئ المصرية مثل راس البر وبور سعيد وإسكندرية.

---

[1] أنقرضت الديناصورات خلال العصر الطباشيري قبل 65 مليون سنة.

الباب الثاني

معادن القشرة الأرضية

تتكون القشرة الأرضية بشكل أساسي من المعادن والصخور ، ويمكن تعريف المعدن بأنه عبارة عن مادة صلبة غير عضوية تكونت بفعل العوامل الطبيعية ولها تركيب كيميائي متجانس ونظام بللورى محدد يميز كل معدن عن غيره ، بينما الصخر فهو عبارة عن خليط من معادن مختلفة ، أى أن المعدن هو الوحدة البنائية التي يتكون منها صخور القشرة الأرضية.

وجدير بالذكر أن الصخر قد يتكون من معدن واحد مثل صخر الحجر الجيري وصخر الرخام الذي يتكونا من معدن الكالسيت ، وقد يتكون الصخر من أكثر من معدن مثل صخر البازلت الذي يتكون من معادن الاوليفين والبيروكسين والامفيبول ، وأيضاً صخر الجرانيت الذي يتكون من معادن الكوارتز والفلسبار والميكا.

وقد يتكون المعدن من عنصر كيميائي واحد مثل معدن الماس الذي يتركب من عنصر الكربون النقي ، ومعدن الجرافيت الذى يتركب من عنصر الكربون الغير نقي ، وقد يتكون المعدن من أكثر من عنصر كيميائي مثل معدن الكالسيت.

تصنيف المعادن

1. معادن العناصر الفلزية مثل الذهب والفضة والنحاس.
2. معادن العناصر الغير فلزية مثل الكبريت والجرافيت والماس.
3. معادن الكبريتيدات مثل الجالينا والبيريت.
4. معادن الهالوجينات مثل الهاليت والفلوريت.
5. معادن الكربونات مثل الكالسيت والأرجونيت والدولوميت.
6. معادن الفوسفات مثل معدن الاباتيت $Ca_5(F,Cl,OH)(PO_4)_3$.
7. معادن الكبريتات : وهي قد تكون
   - كبريتات لا مائية مثل معدن الانهيدريت $CaSO_4$.
   - كبريتات مائية مثل معدن الجبس $CaSO_4.2H_2O$.
8. معادن الاكاسيد : وهي قد تكون
   - أكاسيد فلزات لا مائية مثل الهيماتيت Fe_2O_3 والكورندم Al_2O_3.
   - أكاسيد فلزات مائية مثل جوثيت $HFeO_2$ والأوبال $SiO_2.nH_2O$.
9. المعادن السيليكاتية (SiO_4) : تعتبر أشهر المعادن المكونة لصخور القشرة الأرضية[2] ، والوحدة الأساسية لتركيب هذه المعادن هي الأكسجين والسيليكون في هيئة رباعية أي يحيط بكل ذرة سيليكون أربع ذرات من الأكسجين ، ومن أشهر المعادن السيليكاتية معادن الاوليفين والبيروكسين والامفيبول والكوارتز والميكا[3] والفلسبارات والصوان.

الخواص الطبيعية للمعادن

عبارة عن مجموعة من الصفات التي يمكن دراستها بإستخدام أختبارات وأدوات بسيطة تعتمد أساساً علي الضوء العادي الساقط عليه والمظهر الذى يبديه السطح الخارجى للمعدن إلي جانب قوة تماسك مكوناته وذلك بهدف التعرف علي المعدن ، ومن أهم الخواص الطبيعية :-

[2] تعتبر المعادن السيليكاتية أشهر المعادن المكونة لصخور القشرة الأرضية ؛ لأنها مسئولة عن تكوين الماجما *Magma* ، وهي المسئولة عن تكوين الصخور النارية ، والصخور النارية هي أم الصخور والتي منها يتكون جميع صخور القشرة الأرضية.

[3] يوجد نوعين من الميكا : ميكا بيضاء وهي معدن الميسكوفيت *Muscovite* ، وميكا سوداء وهي معدن البيوتيت *Biotite*. ويوجد نوعين أيضاً من الفلسبارات : فلسبارات بوتاسية مثل معدن الاورثوكليز ، وفلسبارات بلاجيوكليزية مثل معدن الالبيت.

الخواص البصرية *Optical Properties*

1. اللون ***Color***

قد يكون لون المعدن ثابت مثل معدن الكبريت الذي يتميز بـ لونه الأصفر ، وقد يتغير لون المعدن نتيجة تعرضه لشوائب مثل معدن الكوارتز SiO_2 ، ولكن إذا لم يتعرض معدن الكوارتز لآي شوائب فيكون لونه في هذه الحالة شفاف ويطلق عليه الكوارتز النقي أو البللورة الصخرية (الكريستال الصخري) وهذا النوع هو الذي يدخل في صناعة الزجاج.

- **إذا تعرض معدن الكوارتز لطاقة إشعاعية كبيرة فيتم كسر الروابط ويتحول إلي اللون الرمادي المدخن.**
- **إذا تعرض معدن الكوارتز لفقاعات غازية فإنه يتحول إلي اللون الأبيض.**
- **إذا تعرض معدن الكوارتز لشوائب المنجنيز فإنه يتحول إلي اللون الوردي.**
- **إذا تعرض معدن الكوارتز لشوائب أكسيد حديد فإنه يتحول إلي اللون البنفسجي ويطلق علي الكوارتز في هذه الحالة إسم الجمشت ، وإذا تعرض الجمشت للتسخين فإنه يتحول إلي اللون الأصفر ويطلق عليه إسم السيترين.**

2. المخدش ***Streak***

عبارة عن لون مسحوق المعدن نتيجة خدشه / حكه علي قطعة من الصيني الغير مصقول ، والفرق بين لون المعدن ومخدشه ، هو أن مخدش المعدن ثابت بينما لون المعدن يتغير كما ذكرنا ، فعلي سبيل المثال معدن الهيماتيت يتميز بلونه الأحمر أو الرمادي ومخدشه أحمر ، ومعدن البيريت يتميز بلونه الأصفر الذهبي ومخدشه أسود.

3. الشفافية ***Transparency***

عبارة عن قدرة المعدن علي نفاذ الضوء من خلاله ، وتنقسم المعادن من حيث الشفافية إلي ثلاث أنواع :-

- **معادن شفافة : وهي المعادن التي تسمح بمرور معظم الضوء الساقط عليها ويمكن رؤية الأجسام من خلالها بسهولة مثل معدن الكالسيت والكوارتز النقي.**
- **معادن نصف شفافة : وهي معادن تسمح بنفاذ الضوء بكمية أقل من المعادن الشفافة ولا تسمح برؤية الأجسام من خلالها مثل معدن الاورثوكليز.**
- **معادن معتمة : وهي المعادن التي لا تسمح بمرور الضوء من خلالها مثل معدن البيريت.**

4. البريق ***Luster*** : عبارة عن درجة إنعكاس الضوء الساقط علي المعدن.

فإذا كان الضوء الساقط علي المعدن كبير فيكون البريق فلزي *Metallic Luster* مثل معدن الذهب والجالينا ، وإذا كان الضوء الساقط علي المعدن صغير فيكون البريق غير فلزي *Non Metallic Luster* ، والبريق الغير فلزي يشمل عدة أنواع منها البريق الزجاجي مثل معدن الكوارتز والكالسيت ، وبريق لؤلؤى مثل معادن الفلسبارات ، وبريق ماسي مثل معدن الماس ، وبريق صمغي مثل معدن الكبريت ، وبريق طيني أو ترابي أو أرضي مثل معدن الكاولينايت.

الخواص التماسكية *Cohesive Properties*

5. الصلادة ***Hardness*** : عبارة عن درجة مقاومة المعدن للخدش ، وقد اقترح العالم موهس ***Mohs*** مقياساً للصلادة مستخدماً عشرة معادن تبدأ بأقل المعادن صلادة وهو التلك وتنتهي بأكثر المعادن صلادة وهو الماس ، حيث أن المعدن الآكثر صلادة يخدش المعدن الأقل منه صلادة ، وهذا المقياس يتدرج من رقم 1 إلي 10.

1. التلك ***Talc***
2. الجبس ***Gypsum***
3. الكالسيت ***Calcite***
4. فلوريت ***Fluorite***
5. الاباتيت ***Apatite***
6. الارثوكليز ***Orthoclase***
7. الكوارتز ***Quartz***
8. التوباز ***Topaz***
9. الكورندم ***Corundum***
10. الماس ***Diamond***

ويمكن تعيين صلادة المعدن بواسطة عدة طرق شائعة منها ظفر الإنسان الذي يبلغ صلادته 2.5 ، والعملة المعدنية الذي تبلغ صلادتها 3.5 ، والقطعة الزجاجية الذي تبلغ صلادتها 5.5 ، ولوح المخدش الذي يبلغ صلادته 6.5.

6. الإنفصام ***Cleavage*** : عبارة عن قابلية المعدن للتشقق في أماكن ضعيفة الترابط نسبياً.

بعض المعادن تكون عديمة الإنفصام مثل معدن الكوارتز لأنه قوي ويحتوى علي مناطق قوية الترابط ، وبعض المعادن لها خاصية الإنفصام ، حيث يكون الإنفصام في إتجاه واحد مثل معدن الميكا ذات الإنفصام الصفائحي ، ومعدن الجرافيت ذات الإنفصام القاعدي ، وقد يكون الإنفصام في أكثر من إتجاه مثل معدن الهاليت ذات الإنفصام المكعبي ، ومعدن الكالسيت ذات الإنفصام معيني الأوجه.





7. المكسر ***Fracture***

عبارة عن الشكل الذي يأخذه سطح المعدن عند كسره صناعياً في إتجاهات تختلف عن الإتجاهات التي ينفصم فيها المعدن ، وهناك عدة أشكال للآسطح المعدنية التي تتعرض للكسر صناعياً منها المكسر المحاري مثل معدن الكوارتز ، والمكسر الأرضي مثل معادن الطين ، والمكسر الليفي مثل معدن التلك ، والمكسر المسنن مثل معدن الذهب ، والمكسر المستوى مثل معدن الصوان ، والمكسر الغير مستوى مثل معدن الباريت والبيريت.

الثقل النوعي *Specific Gravity*

الثقل النوعي عبارة عن نسبة بين وزن حجم معين من المعدن إلي وزن مساو له من الماء ، أو النسبة بين كثافة المعدن إلي كثافة الماء ، ويمكن تعينه بوزن المعدن في الهواء أولاً ثم وزنه في الماء كما في المعادلة الاتية :-

$$\text{الوزن النوعى} = \frac{\text{وزن المعدن في الهواء}}{\text{وزن المعدن في الهواء} - \text{وزنه في الماء}}$$

خواص أخري

هناك خواص أخري تتميز بها بعض المعادن دون البعض الآخر مثل الملمس والرائحة والمذاق فهناك معادن تتميز بالملمس الصابونى مثل معدن التلك ، والملمس الدهنى مثل الجرافيت ، وهناك أيضاً معادن تتميز برائحتها مثل معدن البيريت عند تسخينه (رائحة الكبريت) ، كما أن هناك معادن تتميز بمذاقها المميز مثل معدن الهاليت الذي يتميز بطعمه الملحي ، وهناك معادن لها قابلية للسحب والطرق للتشكيل علي هيئة رقائق وأسلاك مثل معدن الذهب والفضة والنحاس ، وقد يكون لبعض المعادن خواص مغناطيسية تجعلها تتجاذب أو تتنافر مع المغناطيس مثل معدن المجانتيت ، ويوجد لبعض المعادن خواص حرارية مثل خاصية الإنصهار التي تساعد في التعرف علي المعدن مثل معدن الهاليت الذي ينصهر عند 800 درجة مئوية.

الأنظمة البللورية

كما ذكرنا سابقاً أن كل صخر يتكون من معدن واحد أو مجموعة من المعادن ، وكذلك فإن المعدن يتكون من عنصر واحد أو مجموعة من العناصر المختلفة التي تلتحم مع بعضها البعض علي هيئة نظام بللوري ، ويتميز كل نظام بخصائص وصفات معينة تعطي المعدن شكله المميز عن بقية المعادن ، ويمكن تعريف النظام البللوري بأنه عبارة عن ترتيب ذرات عناصر المعدن ترتيباً متناسقاً ،، والبللورة عبارة عن جسم هندسي مصمت لها تركيب كيميائي متجانس وتكونت بفعل عوامل طبيعية تحت ظروف خاصة من الضغط ودرجة الحرارة ، وهذه الظروف هي التي تتحكم في حجم الأوجه البللورية المتكونة.

خواص البللورة

- **الأوجه البللورية : عبارة عن الأسطح الخارجية المستوية الملساء التي تحدد شكل البللورة.**
- **الحواف البللورية : عبارة عن التقاء وجهين بللورين متجاورين.**
- **الزوايا المجسمة : عبارة عن التقاء أكثر من وجهين بللورين.**
- **المحاور البللورية : وهي الأبعاد الداخلية لـ البللورة (أ ، ب ، ج).**
- **الزوايا المحورية : وهي الزوايا التي تقع بين المحاور البللورية.**
    - **ألفا α : وهي الزاوية بين المحورين (ب ، ج).**
    - **بيتا β : وهي الزاوية بين المحورين (أ ، ج).**
    - **جاما γ : وهي الزاوية بين المحورين (أ ، ب).**

الفصائل البللورية

تُقسم البللورات إلي سبعة أنظمة بللورية رئيسية وذلك علي أساس أطوال المحاور البللورية والزوايا المحورية ، وتتفرع من الآنظمة البللورية الرئيسية أشكال بللورية ثانوية متعددة " يمكنك رؤيتها من هنا ".

1. **نظام المكعب *Cubic***
   - **المحاور البللورية : أ = ب = ج**
   - **الزوايا المحورية : الفا = بيتا = جاما = °90**
   - **يتميز هذا النظام بثلاث محاور بللورية متساوية في الطول ومتعامدة علي بعضها البعض.**
2. **نظام الرباعي *Tetragonal***
   - **المحاور البللورية : أ = ب ≠ ج**
   - **الزوايا المحورية : الفا = بيتا = جاما = °90**
   - **يتميز هذا النظام بثلاث محاور بللورية ، أثنين متساويين في الطول والثالث (المحور ج) أطول أو أقصر منهما ومتعامدة علي بعضها البعض.**
3. **نظام المعيني القائم *Orthorhombic***
   - **المحاور البللورية : أ ≠ ب ≠ ج**
   - **الزوايا المحورية : الفا = بيتا = جاما = °90**
   - **يتميز هذا النظام بثلاث محاور بللورية غير متساوية في الطول ومتعامدة علي بعضها البعض.**
4. **نظام السداسي *Hexagonal***
   - **المحاور البللورية : $أ_1$ = $أ_2$ = $أ_3$ ≠ ج**
   - **الزوايا المحورية : الفا = جاما = °90 ، بيتا = °120**
   - **يتميز هذا النظام باربعة محاور بللورية ، ثلاث محاور أفقية ومتساوية وبينهما زاوية °120 والمحور الرابع أطول أو أقصر منهما ومتعامد علي المحاور الاخري.**
5. **نظام الثلاثي *Trigonal***
   - **المحاور البللورية : $أ_1$ = $أ_2$ = $أ_3$ ≠ ج**
   - **الزوايا المحورية : الفا = جاما = °90 ، بيتا = °120**
   - **يتميز هذا النظام باربعة محاور بللورية ، ثلاث محاور أفقية ومتساوية وبينهما زاوية °120 والمحور الرابع أطول أو أقصر منهما ومتعامد علي المحاور الاخري ، والفرق بين فصيلة الثلاثي وفصيلة السداسي أن المحور (ج) في فصيلة الثلاثي محور ثلاثي التماثل ، بينما في فصيلة السداسي فهو محور سداسي التماثل.**
6. **نظام أحادي الميل *Monoclinic***
   - **المحاور البللورية : أ ≠ ب ≠ ج**
   - **الزوايا المحورية : الفا = جاما = °90 ≠ بيتا**
   - **يتميز هذا النظام بثلاث محاور بللورية غير متساوية في الطول ، والمحور (ج) متعامد علي المحور (ب) والمحور (أ) يميل جداً علي المحور (ب).**
7. **نظام ثلاثي الميل *Triclinic***
   - **المحاور البللورية : أ ≠ ب ≠ ج**
   - **الزوايا المحورية : الفا ≠ بيتا ≠ جاما ≠ °90**
   - **يتميز هذا النظام بثلاث محاور بللورية غير متساوية في الطول ومائلة علي بعضها البعض.**

نبذة مختصرة عن أهم خامات المعادن

أولاً : معادن العناصر الفلزية

وجه المقارنة	الذهب *Gold*	الفضة *Silver*	النحاس *Copper*
التركيب الكيميائى	Au	Ag	Cu
النظام البلورى	المكعب	المكعب	المكعب
الصلادة	3 - 2.5	3 - 2.5	3 - 2.5
الأستخدام	يستخدم في صناعة العملة وطلاء المعادن وصناعة الأسنان.		

ثانياً : معادن العناصر الغير فلزية

وجه المقارنة	الكبريت *Sulfur*	الجرافيت *Graphite*	الماس[4] *Diamond*
التركيب الكيميائى	S	الكربون الغير نقي	الكربون النقي
النظام البلورى	المعيني القائم	السداسي	المكعب
الصلادة	2.5 -1.5	1.5	10
الأستخدام	يستخدم في صناعة حمض الكبريتيك وعيدان الكبريت والمبيدات الحشرية.	يستخدم في صناعة المحركات وأقلام الرصاص والصبغات.	يستخدم في صناعة المجواهرات ، وفي صناعة أدوات الحفر للبحث عن البترول ، وفي صناعة آلات تقطيع الزجاج.

ثالثاً : معادن الكبريتيدات

وجه المقارنة	الجالينا *Galena*	سفاليريت *Sphalerite*	البيريت[5] *Pyrite*
التركيب الكيميائى	PbS	ZnS	FeS_2
النظام البلورى	المكعب	المكعب	المكعب
الصلادة	2.5	4 - 3.5	6.5 - 6
الأستخدام	أهم مصدر لعنصر الرصاص الذي يستخدم في صناعة البويات والبطاريات واللحام.	أهم مصدر لعنصر الزنك الذي يستخدم في صناعة الحديد وصناعة النحاس الأصفر.	مصدر هام لثانى أكسيد الكبريت في صناعة حمض الكبريتيك.

[4] تم إكتشاف الماس لأول مرة في البرازيل ، ثم أكتشف مرة أخري في جنوب أفريقيا ، وتعتبر جنوب أفريقيا المصدر الرئيسي للماس في العالم حيث يتم إنتاجه بأكثر من 95 % من الإنتاج العالمي.

[5] يطلق علي معدن البيريت الذهب الكاذب وذلك لإن لونه أصفر ذهبى ، كما إنه يتحول تحت تأثير التجوية الكيميائية إلي أكسيد الحديد المائى.

رابعاً : معادن الهالوجينات

وجه المقارنة	الهاليت *Halite*	فلوريت *Falurite*
التركيب الكيميائى	NaCl	CaF_2
النظام البلورى	المكعب	المكعب
الصلادة	2 - 2.5	4
الأستخدام	يستخدم في الأغراض المنزلية (ملح الطعام).	يستخدم كعامل مساعد في صناعة الصلب.

خامساً : معادن الكربونات

وجه المقارنة	الكالسيت *Calcite*	الدولوميت *Dolomite*	مالاكيت[6] *Malachite*
التركيب الكيميائى	$CaCO_3$	$CaMg(CO_3)_2$	$Cu_2CO_3(OH)_2$
النظام البلورى	السداسى	السداسى	أحادى الميل
الصلادة	3	3.5 - 4	3.5 - 4
الأستخدام	يستخدم في أعمال البناء وصناعة الإسمنت وصناعة الآلات البصرية.	يستخدم في أعمال البناء والزخرفة.	يستخدم في أعمال النحت والنقاشة.
التفاعل مع HCL	يتفاعل بشدة مع حامض الهيدروكلوريك المخفف.	يتفاعل ببطء مع حامض الهيدروكلوريك المخفف.	يتفاعل معه ويحدث فقاعات ويتنج محلول لونه أزرق.

سـ . ما الفرق بين الكالسيت والأرجونيت بالرغم من أن لهما نفس التركيب الكيميائي $CaCO_3$ ؟

وجه المقارنة	الكالسيت	الأرجونيت
النظام البلورى	السداسي	المعيني القائم
الإستقرار	يعتبر الكالسيت أكثر أشكال كربونات الكالسيوم أستقراراً ، وهو أكثر أستقراراً من الأرجونيت حيث يتحول الأرجونيت إلي الكالسيت عند درجة حرارة 470 درجة مئوية ويترسب الأرجونيت عادة من المحاليل الحارة بينما يتكون الكالسيت في المحاليل الباردة.	

[6] ينتج المالاكيت من تحول معادن النحاس تحت تأثير مياه الكربونات ، ويوجد المالاكيت في الأجزاء العليا من مناجم النحاس.

سادساً : معادن الكبريتات

وجه المقارنة	الجبس *Gypsum*	الباريت *Barite*
التركيب الكيميائى	$CaSO_4.2H_2O$	$BaSO_4$
النظام البلورى	أحادى الميل	المعيني القائم
الصلادة	2	3 - 3.5
الأستخدام	علي حسب نوعه	يستخدم في صناعة الألوان.

أنواع الجبس

1. الجبس الخام : هو الذي يستخدم بعد إستخراجه مباشرة من الصخور دون أن تجرى عليه أي عمليات صناعية وهو الذى يستخدم في صناعة الأسمنت البورتلندى لأنه يتحكم في زمن الشك.
2. الجبس الزراعي : هو الجبس الخام الذي يستخدم في أستصلاح الأراضي القلوية والمحلية ، ويشترط في هذا النوع أن يحتوى علي أكثر من 70 % بالوزن من كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$.
3. الجبس الصناعي : يمر بعدة مراحل لتصنيعه ، تبدا هذه المراحل بإستخراج الجبس الخام من الصخور ، ثم التكسير إلي أحجام مناسبة ، ثم الدخول إلي الفرن ، ثم تبدأ عمليات الحرق ، وتستخدم فيها الآفران الدوارة التي تتروح درجة حرارتها بين (120- 180 درجة مئوية) حيث يفقد الجبس حوالي ثلاث أرباع ماء التبلور ، ثم يصنف الجبس بعد ذلك بالنسبة لدرجة نعومته ويعبأ في عبوات مناسبة.

أنواع الجبس الصناعي

1. الجبس البلدى : يستخدم في أعمال البياض بالمباني.
2. جبس المصيص : يستخدم في طبقة الضهارة لبياض الأسقف والحوائط الداخلية.
3. جبس التشكيل : يستخدم في صناعة التماثيل وأعمال الزخرفة ، ويستخدم أنقى أنواع هذا النوع من الجبس في جراحة العظام وتجهيز الأربطة الطبية.

سابعاً : معادن الآكاسيد

وجه المقارنة	الهيماتيت *Hematite*	المجانتيت *Magnetite*	الليمونيت *Limonite*
التركيب الكيميائى	Fe_2O_3 ويطلق عليه أكسيد الحديد الأحمر.	Fe_3O_4 ويطلق عليه أكسيد الحديد الأسود أو المغناطيسي.	$FeO (OH).nH_2O$ ويطلق عليه أكسيد الحديد المائى.
النظام البلورى	السداسي	المكعب	المعينى القائم ، وقيل إنه يكون متبلور أو غير متبلور وفي الغالب يكون متبلور.
الصلادة	5.5 - 6.5	5.5 - 6.5	4 - 5.5
الأستخدام	خامات هامة تستخدم في صناعة الحديد.		

ثامناً : المعادن السيليكاتية

وجه المقارنة	معادن الميكا	
	المسكوفيت *Muscovite*	البيوتيت *Biotite*
التركيب الكيميائى	يحتوي بشكل أساسي علي البوتاسيوم والألمنيوم ، ويطلق علي المسكوفيت الميكا البيضاء.	يحتوي بشكل أساسي علي البوتاسيوم والماغنسيوم ، ويطلق علي البيوتيت الميكا السوداء.
النظام البلورى	أحادى الميل	أحادى الميل
الصلادة	2 - 2.5	2.5 - 3
الأستخدام	يستخدم في صناعة الخزف والصينى.	

وجه المقارنة	معادن الفلسبارات		
	الأورثوكليز *Orthoclase*	الالبيت *Albite*	الكوارتز *Quartz*
التركيب الكيميائى	$KAlSi_3O_8$	$NaAlSi_3O_8$	SiO_2 ، ويطلق عليه إسم المرو.
النظام البلورى	أحادى الميل	ثلاثى الميل	عند درجة حرارة أقل من 573 درجة مئوية يتبلور في فصيلة الثلاثي ، وعند درجة حرارة أعلي من 573 درجة مئوية يتبلور في فصيلة السداسي.
الصلادة	6	6 - 6.5	7
الأستخدام	يستخدم في صناعة الخزف والصينى.		الأنواع ذات الألوان الجذابة تستخدم في صناعة الأحجار الكريمة مثل الجمشت بينما الأنواع النقية الشفافة تستخدم في صناعة الأجهزة البصرية والكهربائية.

الباب الثالث

صخور القشرة الأرضية

الأرض التي خلقها الله وجعلها ممهدة لنمشي عليها تتكون من الصخور ، وأغلب هذه الصخور نشأت منذ ملايين السنين ، وتوجد الصخور في كل مكان في القشرة الأرضية ، ولكن ما هي أنواع الصخور وما الإختلاف بينهما وكيف نميز بين كل نوع والآخر ، وقبل أن نتحدث عن أنواع الصخور ، لآبد من معرفة الصخر نفسه ، فالصخر عبارة عن خليط من معادن مختلفة ، وقمنا بذكر أن المعدن هو الوحدة البنائية التي يتكون منها جميع صخور القشرة الأرضية ، وربما كنت تعتقد أن الصخرة تتكون من الرمل فقط ، ولكن حتي تلك الحبيبات الصغيرة من الرمال تتكون من معادن ، ويمكن أعتبار حبة الرمل صخرة إذا نظرت إليها بإستخدام عدسة مكبرة.

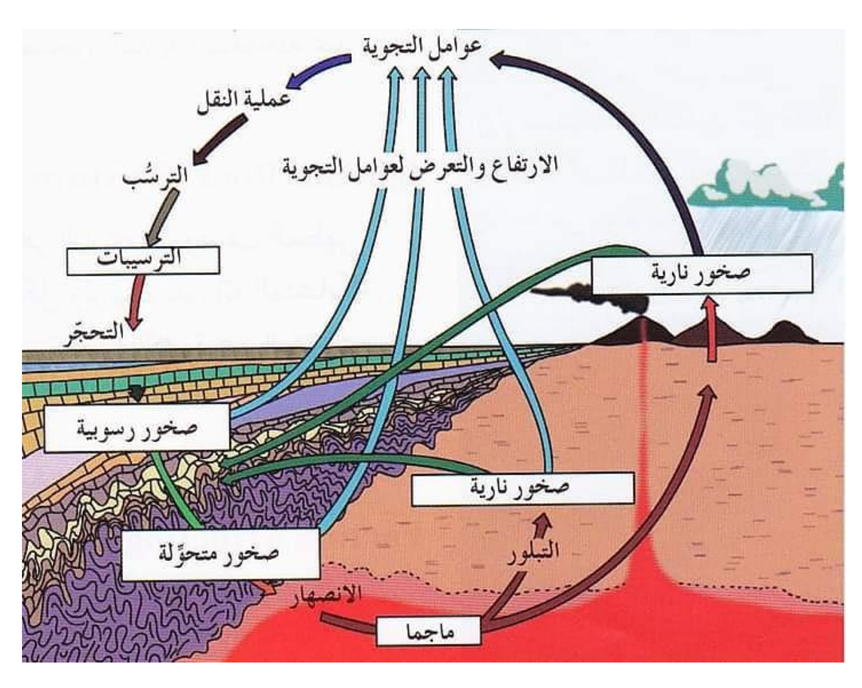
دورة الصخور

نتيجة قوة الطاقة المحبوسة تحت سطح الأرض تبدأ الماجما بتكسير مناطق الضعف في القشرة الأرضية إلي أن تخزن في القشرة الأرضية في مكان ما يعرف بإسم خزان الماجما *Magma Chamber*.

وبعد صعود الماجما *Magma* إلي سطح الأرض يتغير إسمها إلي اللافا *Lava* ويحدث لها تبريد مكونة جسم صلب يعرف بالصخر الناري ، ثم تبدأ عوامل التجوية والتعرية مثل الأمطار والرياح بتكسير هذا الجسم الصلب إلي فتات صخرى ، ثم نقل هذا الفتات من مكانه الأصلي إلي مكان أخر بواسطة عوامل النقل المختلفة ، وعندما تقل سرعة نقل هذا الفتات يترسب في الأحواض الترسيبية.

ونتيجة الضغط الناتج من ترسيب هذه الرواسب فوق بعضها البعض في الأحواض الترسيبية يحدث لها تصلب أو تصخر وتتحول هذه الرواسب إلي صخر رسوبي ، ونتيجة إرتفاع درجة الحرارة تحت سطح الأرض وزيادة الضغط علي الصخر الرسوبي يتحول الصخر الرسوبي إلي صخر متحول ، وبواسطة عملية الصهارة ينصهر الصخر المتحول ويتحول إلي ماجما ... وهكذا تستمر الدورة الصخرية.

ومما سبق أمكن تقسيم الصخور في الطبيعة إلي ثلاثة أنواع علي أساس طريقة تكوينها وهي الصخور النارية والرسوبية والمتحولة ومع الزمن يمكن تحويل أي نوع من هذه الصخور إلي نوع أخر وهذا التحول التدريجي من نوع لآخر يسمي (دورة الصخور).



الفرق بين الماجما واللافا

الماجما عبارة عن صهارة موجودة تحت سطح الأرض وبها العديد من الغازات التي تلعب دوراً كبير في حدوث الإنفجار البركاني في الوقت الذي تخرج فيه الصهارة من باطن الأرض ، بينما اللافا عبارة عن الصهارة أيضاً ولكن حينما تخرج فوق سطح الأرض مع ملاحظة أن درجة حرارة الماجما عندما صعدت علي سطح الأرض 1200 درجة مئوية.

أولاً : الصخور النارية *Igneous Rocks*

تعتبر الصخور النارية أقدم صخور القشرة الأرضية ؛ لذلك يطلق علي الصخور النارية إسم (أم الصخور) وهي التي تكونت نتيجة تبريد الماجما ، وتوجد علي هيئة كتل صلبة كبيرة الحجم غير مسامية ، كما إنه يستحيل وجود الحفريات فيها بسبب درجة حرارة الماجما العالية التي تعمل علي تاكل أى جسم سواء رخو أو صلب علي سطح الأرض ، وقسمت الصخور النارية إلي ثلاث أنواع :-

وجه المقارنة	الصخور السطحية *Extrusive*	الصخور الجوفية *Intrusive*	الصخور المتداخلة *Hypabbysal*
التعريف	عبارة عن الصخور التي تكونت نتيجة تبريد اللافا فوق سطح الأرض.	عبارة عن الصخور التي تكونت نتيجة تبريد الماجما تحت سطح الأرض.	عبارة عن الصخور التي تكونت بين الصخور السطحية والصخور الجوفية.
التبريد	سريع	بطئ	متوسط
النسيج	زجاجى أو دقيق ويطلق علي النسيج الذى تتميز حبيباته بالنعومة وتم فيها التبريد بسرعة بالنسيج الافانيتك *Aphantic Texture*	خشن ويطلق علي النسيج الذى تتميز حبيباته بالخشونة وتم فيها التبريد ببطء بالنسيج الافانيرتيك *Phaniritic Texture*	بورفيرى *Porphyritic*
حجم الحبيبات	صغيرة جداً وناعمة ولا ترى بالعين المجردة.	كبيرة جداً وخشنة وترى بالعين المجردة.	حبيبات معدنية كبيرة وحولها حبيبات معدنية دقيقة.
أمثلة	كوماتيت *Komatite* البازلت *Basalt* الأنديزيت *Andesite* الرايوليت *Rhyolite*	بريدوتيت *Peridotite* الجابرو *Gabbro* دايوريت *Diorite* الجرانيت *Granite* التونالايت *Tonalite*	دوليرايت *Dolorite*

حجم المعادن المكونة للصخور النارية

يعتمد حجم المكونات المعدنية للصخر علي الزمن المتاح لتبرد ببطء وتنمو مكونه البللورات ، وبالتالي صخور الجرانيت والجابرو وهما من الصخور النارية الجوفية أي يتكونا تحت سطح الأرض والتبريد تم ببطء وهذا يكسب الصخور نسيج خشن ذو حبيبات كبيرة ، ونجد العكس في حالة الصخور البركانية السطحية التي بردت بسرعة ولم يكن هناك فرصة لنمو بللوراتها فاعطت نسيج دقيق الحبيبات أو نسيج زجاجي ، وفي بعض أنواع الصخور المكونة علي أعماق من السطح قد تجد النسيجين متواجدين أي حبيبات معدنية كبيرة وحولها حبيبات معدنية دقيقة فيسمي هذا النسيج بورفيري.

التركيب الكيميائي للصخور النارية

يتوقف التركيب الكيميائي للصخور النارية علي نسبة السيليكا في الصخر ، حيث صنف العالم بوين الصخور النارية أعتماداً علي نسبة السيليكا الموجودة في الصهارة ، ويتحكم التركيب الكيميائي للصخور النارية ومحتوياتها المعدنية ومعدل التبريد في حجم الحبيبات والنسيج.

وعلي هذا يمكن القول بأنه يمكن معرفة التركيب الكيميائي بـ لون الصخر ، فاللون الفاتح يدل علي أن الماجما كانت غنية بعناصر السيليكون والألومنيوم والبوتاسيوم والصوديوم مثل صخر الجرانيت ، أما اللون الغامق يدل علي أن الماجما كانت غنية بعناصر الحديد والماغنسيوم والكالسيوم مثل صخر البازلت.

تصنيف الصخور النارية أعتماداً علي نسبة السيليكا

1. الصخور النارية الحامضية ***Felsic***
   - نسبة السيليكا فيها أكثر من (63 %) ومن أشهر أمثلة هذا النوع صخر الجرانيت.
2. الصخور النارية المتوسطة ***Intermediate***
   - نسبة السيليكا فيها تتراوح من (52 - 63 %) ومن أشهر أمثلة هذا النوع صخر الدايورايت.
3. الصخور النارية القاعدية ***Mafic***
   - نسبة السيليكا فيها تتراوح من (45 - 52 %) ومن أشهر أمثلة هذا النوع صخر البازلت.
4. الصخور النارية الفوق قاعدية ***Ultra Mafic***
   - نسبة السيليكا فيها أقل من (45 %) ومن أشهر أمثلة هذا النوع صخر البريدوتيت.

سلسلة تفاعل بوين *Bowen's Reaction Series*

- السلسلة المتصلة ***Continues Series*** : وهي التي تضم مجموعة معادن البلاجيوكليز والتي تتغير تدريجياً في تركيبها الكيميائي ، فيتحول من بلاجيوكليز غني بالكالسيوم إلي بلاجيوكليز غني بالصوديوم وذلك مع إنخفاض درجة الحرارة ، وسمي هذا الجزء بالسلسلة المتصلة لأن مجموعة المعادن الموجودة فيها تنتمي إلي مجموعة واحدة وهي مجموعة البلاجيوكليز.

- السلسلة غير المتصلة ***Discontinues Series*** : وهي التي تضم مجموعات معادن الأوليفين والبيروكسين والأمفيبول والبيوتيت ، ولأحظ العالم بوين أن كل مجموعة من هذه المجموعات تضم تحتها عدد من المعادن بعكس السلسلة المتصلة التي كانت معادنها من أول السلسلة إلي آخرها تنتمي إلي مجموعة واحدة.

<table>
<tr><th>سلسلة تفاعل بوين</th><th colspan="2">أنواع الصخور النارية</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Olivine
Pyroxene
Ca\Fe\Mg
Ca-Plagioclase</td><td colspan="2">الصخور النارية الفوق قاعدية</td></tr>
<tr><td>جوفي</td><td>سطحي</td></tr>
<tr><td>البريدوتيت</td><td>كوماتيت</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Amphibole
Biotite</td><td colspan="2">الصخور النارية القاعدية</td></tr>
<tr><td>جوفي</td><td>سطحي</td></tr>
<tr><td>الجابرو</td><td>البازلت</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Na-Plagioclase</td><td colspan="2">الصخور النارية المتوسطة</td></tr>
<tr><td>جوفي</td><td>سطحي</td></tr>
<tr><td>الدايوريت</td><td>الأنديزيت</td></tr>
<tr><td rowspan="3">K-Feldspar
Muscovit
Quartz
K\Na\Al</td><td colspan="2">الصخور النارية الحامضية</td></tr>
<tr><td>جوفي</td><td>سطحي</td></tr>
<tr><td>الجرانيت
التونالايت
الجرانوديورايت</td><td>الرايوليت</td></tr>
</table>

لآحظ العالم بوين أنه كلما إنخفضت درجة الحرارة تغير التركيب الكيميائي للصهارة من التركيب القاعدي (الغني بعناصر الكالسيوم والماغنسيوم والحديد) إلي التركيب الحامضي (الغني بعناصر السيليكون والصوديوم والبوتاسيوم) ، وبسبب هذا التغيير الكيميائي تختلف الوان الصخور النارية عن بعضها البعض ، فنجد أن صخور التركيب القاعدي تتميز باللون الغامق جداً وذلك لوجود عناصر الحديد والماغنسيوم والكالسيوم بنسبة كبيرة جداً في الصخر مثل صخور البازلت والجابرو ، بينما صخور التركيب الحامضي تتميز باللون الفاتح وذلك لقلة نسبة عناصر الحديد والماغنسيوم والكالسيوم وزيادة تركيز معدن الكوارتز[7] في الصخر مثل صخور الجرانيت والرايوليت.

[7] وجود معدن الكوارتز في الصخر يدل علي وجود السيليكا بنسبة عالية ، وعدم وجوده في الصخر يدل علي إنخفاض نسبة السيليكا.

لزوجة الماجما	الكثافة	درجة الحرارة	اللون	نوع الماجما	نسبة السيليكا	أنواع الصخور النارية	
قليلة جداً	عالية جداً	1200°C	الغامق	قاعدية	% 45	الصخور النارية الفوق قاعدية	
						جوفي	سطحي
						البريدوتيت	كوماتيت
↓	↓	↓			% 52	الصخور النارية القاعدية	
						جوفي	سطحي
						الجابرو	البازلت
			بين الغامق والفاتح	متوسطة	% 63	الصخور النارية المتوسطة	
						جوفي	سطحي
						الدايوريت	الأنديزيت
عالية جداً	قليلة جداً	650°C	وردى/فاتح	حامضية	تزداد الماجما	الصخور النارية الحامضية	
						جوفي	سطحي
						الجرانيت التونالايت الجرانوديورايت	الرايوليت

أنواع الماجما

1. الماجما البازلتية (الماجما القاعدية) : تتراوح درجة حرارتها بين (1000 - 1200 درجة مئوية) وتحتوي علي نسبة كبيرة من الحديد والماغنسيوم والكالسيوم بالإضافة إلي نسبة منخفضة من البوتاسيوم والصوديوم.
2. الماجما الانديزيتية (الماجما المتوسطة) : تتراوح درجة حرارتها بين (800 - 1000 درجة مئوية) وتحتوي علي كمية معتدلة من الحديد والماغنسيوم والكالسيوم والبوتاسيوم والصوديوم.
3. الماجما الرايوليتية (الماجما الحامضية) : تتراوح درجة حرارتها بين (650 - 800 درجة مئوية) وتحتوي علي نسبة كبيرة من البوتاسيوم والصوديوم بالإضافة إلي نسبة منخفضة من الحديد والماغنسيوم والكالسيوم.

الصخور المكافئة *Equivalent Rocks*

عبارة عن صخور لها نفس التركيب الكيميائي والمعدني ولكن تختلف في مكان النشاة والنسيج وحجم الحبيبات ، فعلي سبيل المثال صخر البازلت له نفس التركيب الكيميائي والمعدني لصخر الجابرو ولكن مختلف عنه في مكان النشاة والنسيج وحجم الحبيبات ولذلك نجد أن صخر البازلت (صخر سطحي قاعدي ونسيجه زجاجي) مكافئ لصخر الجابرو (صخر جوفي قاعدي ونسيجه خشن).

أشكال تواجد الصخور النارية

أولاً : أشكال الصخور النارية تحت سطحية

1. باثولث ***Batholith*** : يعتبر أكبر الصخور النارية تحت سطحية حجماً ، وتوجد هذه الصخور علي هيئة كتل كبيرة وضخمة تمتد لمئات الكيلومترات ويكون هذا الأمتداد أفقي.
2. لوبولث ***Lopolith*** : عبارة عن أشكال توجد علي هيئة أطباق أو طية مقعرة.
3. لاكولث ***Lacolith*** : عبارة عن أشكال توجد علي هيئة قباب أو طية محدبة.
4. السدود الأفقية ***Sills*** : عبارة عن صخور تتكون من تبريد الماجما بشكل موازي للطبقات.
5. السدود القاطعة ***Dykes*** : عبارة عن صخور تتكون من تبريد الماجما علي هيئة قاطع يقطع الطبقات ويتراوح سمك هذه القواطع من عدة سنتيمترات إلي مئات الأمتار.

ثانياً : أشكال الصخور النارية السطحية

1. الطفوح البركانية ***Volcanic Lava*** : عبارة عن اللافا التي صعدت إلي سطح الأرض عن طريق فوهات البراكين وأنتشرت علي السطح ثم بردت بسرعة ملامستها الهواء أو مياه البحار ، ولذلك تتميز بأن نسيجها يكون زجاجياً ، ويتشكل سطحها بأشكال عديدة بعضها يأخذ شكل الحبال أو شكل الوسائد ***Pillow Lava***.





2. مواد متفتتة : عبارة عن صخور نارية سطحية قد تكون مفككة أو متماسكة ، وتكون مختلطة مع الأبخرة والغازات الخارجة من فوهات البراكين ، وقد تكون هذه المواد عبارة عن قطع صخرية ذات زوايا حادة يطلق عليها البريشيا البركانية ***Volcanic Breaccia*** ، وقد تكون عبارة عن فتات دقيق جداً مثل الرماد البركاني ***Volcanic Ash*** ، وتوجد هذه المواد في الأصل منتشرة بالقرب من المناطق البركانية ، وقد تنتقل إلي مناطق بعيدة عن البراكين بواسطة المياه الجارية والرياح.

ثانياً : الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks

تغطي الصخور الرسوبية حوالي 75 % من صخور القشرة الأرضية ، وحجم الصخور الرسوبية صغير جداً (5 %) مقارنة بحجم الصخور الأخري ، وتعتبر الصخور الرسوبية الوحيدة التي تحتوى علي حفريات ، وتوجد هذه الصخور علي هيئة طبقات ؛ لذلك تظهر الطيات والفوالق بوضوح في الصخور الرسوبية ، وتتميز الصخور الرسوبية بمسامية ونفاذية عالية ولذلك لا يخزن البترول إلا في الصخور الرسوبية وأهمها الحجر الرملي.

أنواع الصخور الرسوبية

أولاً : الصخور الرسوبية الفتاتية *Clastic Sedimentary Rocks*

عندما يتم تكسير الصخر بواسطة عوامل التعرية إلي قطع صغيرة (الفتات الصخري) ، ثم نقل هذا الفتات بواسطة عمليات النقل المختلفة إلي أن تقل سرعة النقل ، ثم يتم ترسيب هذا الفتات في أحواض أو مناطق من الأرض أكثر إنخفاضاً عما حولها ، وإذا دفنت هذه الرواسب بالعمق الكافي سوف تتعرض للضغط والحرارة وتصبح متراصة ومتلاحمة فينتج الصخر الرسوبي الفتاتي.

أنواع الصخور الرسوبية الفتاتية ◄ تختلف أنواع الصخور الرسوبية الفتاتية وفقاً لحجم الفتات الصخري المكون لها.

1. **رواسب الحصى *Gravel* : وهي الرواسب التي يزيد حجمها عن 2 ملم مثل صخور الكونجلوميرات والبريشيا.**

ما الفرق بين الكونجلوميرات والبريشيا ؟

تتميز صخور البريشيا *Breccia* بحبيبات حصوية ذات زوايا حادة ، والسبب في إتخذها هذا الشكل لأنها لم تنتقل لمسافات كبيرة من مصدر تكوينها ولذلك لم يتم أستدارتها بواسطة عوامل التعرية ، بينما صخور الكونجلوميرات *Conglomerate* تتميز بحبيبات حصوية عالية الأستدارة ، والسبب في إتخذها هذا الشكل لأنها أنتقلت لمسافات كبيرة من مصدر تكوينها ولذلك تمت الأستدارة بواسطة عوامل التعرية.





2. **رواسب الرمل *Sand* : وهي الرواسب التي يقع حجم حبيباتها بين (2 ملم - 63 ميكرون) ، ورواسب الرمل يحدث لها تحجر أو تصلب مكونه صخر رسوبي فتاتي وهو الحجر الرملي *Sandstone*.**
3. **رواسب الطين *Mud* : وهي الرواسب التي يقل حجم حبيباتها عن 63 ميكرون ، ورواسب الطين يحدث لها تحجر أو تصلب مكونه صخر رسوبي فتاتي وهو الصخر الطيني *Mudstone* ، ونتيجة زيادة الضغط الواقع علي الصخر الطيني يتحول إلي الطين الصفحي أو الطفل *Shale*.**

وتنقسم رواسب الطين حسب حجم حبيباتها إلي :-

- **الطمى أو الغرين *Silt* : وهي الرواسب التي يقع حجم حبيباتها بين (63 ميكرون - 4 ميكرون) ، وهذه الرواسب يحدث لها تحجر أو تصلب مكونه صخر رسوبي فتاتي وهو الصخر الطمي *Siltstone*.**
- **الصلصال *Clay* : وهي الرواسب التي يقل حجم حبيباتها عن 4 ميكرون ، وهذه الرواسب يحدث لها تحجر أو تصلب مكونه صخر رسوبي فتاتي وهو الصخر الصلصالي *Claystone*.**

ثانياً : الصخور الرسوبية الكيميائية *Chemical Sedimentary Rocks*

تكونت هذه الصخور بفعل ترسيب المواد الذائبة في مياه البحار أو المحيطات ، والمادة الكيميائية المترسبة عبارة عن مركب كيميائي مثل كربونات الكالسيوم والملح والسيليكا ، حيث تتشكل هذه المادة عندما يتم تبخير المحلول الذي تذوب فيه ، ثم يحدث لها ترسيب علي هيئة طبقات مكونه صخر رسوبي كيميائي.

أمثلة علي الصخور الرسوبية الكيميائية

1. **صخور المتبخرات *Evaporates Rocks***

تخيل أن أمامك بحيرة مالحة صغيرة ، وتحت تأثير أشعة الشمس علي هذه البحيرة يحدث تبخر للمياه ثم يزداد تركيز الأملاح ثم يتم ترسيب هذه الأملاح ، ومع إستمرار عملية التبخر وفقدان الماء تتصلب هذه الرواسب لتشكل صخور المتبخرات ، وأشهر صخور المتبخرات :-

- **الملح الصخرى *Halite* : يتكون من معدن الهاليت (كلوريد الصوديوم).**
- **صخر الجبس *Gypsum* : يتكون من معدن الجبس (كبريتات الكالسيوم المائية).**
- **صخر الانهيدريت *Anhydrite* : يتكون من معدن الانهيدريت (كبريتات الكالسيوم الغير مائية).**

2. **صخور الكربونات *Carbonates Rocks***

أشهر صخور الكربونات هو الحجر الجيري الذي يتكون بشكل أساسي من ترسيب كربونات الكالسيوم علي هيئة معدن الكالسيت في مياه البحار أو المحيطات ، وأهم أنواع الحجر الجيرى الكيميائي :-

- **الترافرتين *Travertine* : صخر رسوبي مسامي ينتج عن ترسيب كربونات الكالسيوم عندما يبدأ الماء بعملية التبخر ، وينشأ صخر الترافرتين في المناطق التي يتوافر فيها الحجر الجيرى ، ويتشكل عادةً حول مصاب الينابيع الساخنة ، وتحتوى تكوينات الصخور في الكهوف (الهوابط والصواعد) علي الترافرتين بصورة رئيسية.**
- **التوفا *Tufa* : صخر رسوبي مسامي ينتج عن ترسيب كربونات الكالسيوم من مياه الينابيع الساخنة أو غيرها من المياه السطحية التي لديها القدرة علي ترسيب كميات كبيرة من كربونات الكالسيوم.**

ثالثاً : الصخور الرسوبية العضوية *Organic Sedimentary Rocks*

تتكون الصخور الرسوبية العضوية من تراكم بقايا الحيوانات والنباتات كالآسنان والآصداف ، حيث أن هذه البقايا تحتوي علي الكالسيوم الذي يتراكم في قاع البحار والمحيطات علي مدار السنين ، وقسم الجيولوجيين هذا النوع من الصخور إلي صخور رسوبية عضوية حيوانية مثل صخر الفوسفات ، وصخور رسوبية عضوية نباتية مثل الفحم الحجري.

صخور رسوبية عضوية حيوانية

1) **صخور الفوسفات : وهي الصخور التي تتكون من معدن فوسفات الكالسيوم الذي تشكل بسبب تراكم الهياكل العضوية الفتاتية لبعض أنواع الحيوانات البحرية ، أما بالنسبة لصخور الفوسفات فهي تتشكل من فوسفات الكالسيوم وتكون مختلطة مع مواد جيرية.**
2) **الصخور الجيرية العضوية : وهي الصخور التي تتكون من تراكم وتحلل بقايا هياكل الحيوانات البحرية ، وفي الغالب تختلط هذه البقايا العضوية بنسب متفاوتة من الرسوبيات الجيرية الكيميائية مثل كربونات الكالسيوم والتي يمكن أن نعتبرها مواد لآحمة لهذه البقايا العضوية.**

الفحم الحجري *Coal*

الفحم الحجري عبارة عن صخر رسوبى عضوي نباتي لونه أسود أو بني وقابل للإحتراق ويحتوي علي كمية عالية من الكربون والهيدروكربونات ، ويعد الفحم الحجري من مصادر الطاقة الغير متجددة لأن تكوينه يستغرق ملايين السنين.

يتكون الفحم الحجري بعد موت النباتات والسراخس والاشجار الحرشفية ، وعندما يتم دفن النباتات تحت سطح الأرض وعزلها عن الهواء لفترة طويلة في مناطق المستنقعات ، تتحلل المادة العضوية في هذه النباتات بواسطة البكتريا اللاهوائية الموجودة في الأرض مما ينتج عنه ثانى أكسيد الكربون والميثان ، وتستغرق هذه العملية ملايين السنين علي مدي الزمن لأنتاج عدة أمتار من المواد النباتية المتحللة ، وعندما يتم الدفن علي عمق أكبر تزداد درجة الحرارة والضغط مما يؤدي إلي طرد الماء وثاني أكسيد الكربون والميثان من المادة النباتية ، وبالتالي تصبح المادة النباتية مخصبة تدريجياً بالكربون ويبدا الفحم الحجري في التكوين ، ومع إستمرار عملية الدفن يزداد الضغط ودرجة الحرارة تحت الأرض علي مدي الزمن مما يؤدي إلي تحول المادة النباتية أولاً إلي الخث *Peat* ، ثم تتبعها سلسلة تحولات من فحم بني (اللجنايت) ثم الفحم تحت قاري ثم الفحم القاري وأخيراً تكون فحم الأنثراسيت.

أنواع الفحم الحجري

1. **اللجنايت** ***Legnite*** **: يشار إليه أيضاً بالفحم البني ويحتوي علي نسبة تتراوح (25 - 35 %) من الكربون.**
2. **الفحم تحت قاري** ***Sub-Bituminous*** **: يحتوي علي نسبة تتراوح (35 - 45 %) من الكربون.**
3. **الفحم القارى** ***Bituminous*** **: يحتوي علي نسبة تتراوح (45 - 86 %) من الكربون.**
4. **فحم الأنثراسيت** ***Anthracite*** **: يحتوي علي نسبة تتراوح (86 - 97 %) من الكربون.**



ثالثاً : الصخور المتحولة *Metamorphic Rocks*

غالباً ما يستخدم مصطلح التحول الذي يعتبر مصطلحاً واسع الإنتشار للإشارة إلي التغير من شيء إلي آخر وكذلك الحال بالنسبة للصخور المتحولة ، فعلي الرغم من إن الصخور قد تبدو مادة ثابتة إلا أن الصخور النارية والرسوبية قد تتحول إلي نوع جديد من الصخور بفعل الضغط أو درجة الحرارة أو كلاهما ، ومع مرور الوقت ينتج عن عملية التحول صخور أكثر كثافة وصلابة وهي الصخور المتحولة ، وقد تؤدى عملية التحول إلي تغير نوع النسيج أو التركيب المعدني في الصخور الآصلية نظراً لعدم إستقرار المعادن المكونة لتلك الصخور تحت الظروف القاسية من الضغط ودرجة الحرارة.

والصخور المتحولة لا تحتوى علي حفريات ، وقد تحتوي علي حفريات ولكنها مشوهه ، فإذا كانت الصخور متحولة عن أصل ناري يستحيل أحتواها علي الحفريات ، وإذا كانت الصخور متحولة عن أصل رسوبي فيحتمل وجود الحفريات فيها ولكنها مشوهة نتيجة تأثير درجة الحرارة والضغط علي الصخر الرسوبي لكي يتحول إلي صخر متحول.

أنواع الصخور المتحولة

أولاً : الصخور المتحولة غير المتورقة *Non-foliated Metamorphic Rocks*

توجد هذه الصخور علي هيئة أجسام كتلية ؛ ولذلك يطلق عليها إسم الصخور المتحولة الكتلية ، ويطلق علي نسيج هذا النوع من الصخور إسم النسيج الحبيـبـي ، كما أن عامل التحول فى هذه الصخور هو درجة الحرارة فقط ، ويطلق علي هذا النوع من التحول إسم التحول الحرارى ، ومن أشهر أمثلة هذا النوع من الصخور :-

1. الهورنفلس ***Hornfels*** : وهو صخر متحول ناتج عن تحول الصخر الطيني بواسطة درجة الحرارة فقط.
2. الكوارتزيت ***Quartize*** : وهو صخر متحول ناتج عن تحول الحجر الرملي بواسطة درجة الحرارة فقط.
3. الرخام ***Marble*** : وهو صخر متحول ناتج عن تحول الحجر الجيري بواسطة درجة الحرارة فقط.

س . لماذا الرخام أشد صلادة من الحجر الجيري بالرغم من أن كلاهما يتركبا من الكالسيت الذى تبلغ صلادته 3 ؟

ج . الإجابة بكل بساطة لأن الحجر الجيري صخر رسوبي يتميز بمسامية عالية ، ولكن عندما يتعرض لدرجة حرارة عالية تتلاحم حبيبات الكالسيت ويتحول إلي صخر الرخام وهو صخر متحول يتميز بعدم المسامية.

ثانياً : الصخور المتحولة المتورقة *Foliated Metamorphic Rocks*

توجد هذه الصخور علي هيئة طبقات ، ويطلق علي نسيج هذا النوع من الصخور إسم النسيج المتورق أو الصفائحي ، كما أن عامل التحول فى هذه الصخور هو الضغط ودرجة الحرارة معاً ، ويطلق علي هذا النوع من التحول إسم التحول الديناميكي الحراري أو التحول الإقليمي ، ومن أشهر أمثلة هذا النوع من الصخور :-

1. النيس ***Gneiss*** : وهو صخر متحول ناتج عن تحول صخر الجرانيت بواسطة الضغط ودرجة الحرارة معاً ، والتركيب المعدني لصخر النيس يماثل التركيب المعدني لصخر الجرانيت إذا كان النيس في هذه الحالة متحولاً عن صخر الجرانيت ويسمى عندئذ النيس الجرانيتى ***Granitic Gneiss*** ، وكذلك إذا كان النيس متحولاً عن صخر الدايورايت فيسمى عندئذ النيس الدايورايتى ***Dioritic Gneiss***.
2. الشيست ***Schist*** : وهو صخر متحول ناتج عن تحول الصخر الطيني بواسطة الضغط ودرجة الحرارة معاً ، والشيست يتميز بنسيجه المتورق الذى يعرف بالنسيج الشيستوزى ***Schistose***.
3. الاردواز ***Slate*** : وهو صخر متحول ناتج عن تحول صخر الطفل بواسطة الضغط ودرجة الحرارة معاً ، والاردواز يتميز بنسيجه المتورق الذي يطلق عليه الإنفصام الاردوازى ***Slaty Cleavage***.

الباب الرابع

علم الحفريات

يتعلق علم الحفريات ***Paleontology*** بدراسة بقايا الكائنات الحية الحيوانية والنباتية التي عاشت قديماً علي سطح الأرض وتم حفظها بصورة طبيعية في الصخور الرسوبية ، ويطلق علي هذه البقايا أسم الحفريات ***Fossils***.

والحفريات عبارة عن بقايا أو أثار كائن حي ذات أصل عضوي عاش في الازمنة القديمة وحفظت في صخور القشرة الأرضية بالطرق الطبيعية ، والمقصود بالبقايا هي كل أو بعض أجزاء الكائن الحي ، أما الاثار فهي كل ما يتركه الكائن خلفه من علامات تدل علي سابق وجوده.

وتشير الحفريات بشكل عام إلي أنماط الحياة في العصور الجيولوجية القديمة غير أنها لا تدل دائماً علي كائنات منقرضة حيث أن بعضها مازالت أفراده تعيش في الوقت الحالي ، ولكي نطلق علي الحفرية إنها حفرية بالفعل لأبد من وجود عدة شروط ومنها :-

- أن تكون بقايا كائن حي ، فإذا كان هناك بعض أشكال الصخور تأخذ هيئة الكائنات الحية فهي ليست حفريات.
- أن تكون بقايا كائن حي قديم ، فإن الحيوانات التي ماتت حديثاً لا تعتبر من الحفريات وقد تم الآتفاق علي أن الحفريات هي الكائنات التي ماتت قبل بداية عصر الإنسان.
- الحفظ بالطرق الطبيعية حيث أن الموميا عبارة عن بقايا كائن حي ولكنها حفظت بطريقة صناعية.

الظروف اللازمة للتحفر

من الطبيعي ليست جميع الكائنات الحية يمكن أن توجد علي هيئة حفريات إلا إذا تعرضت إلي ظروف مناسبة يحميها من التحلل أو الذوبان ، وقليل جداً من الأحياء القديمة هي التي تهيأت لها ظروف التحفر.

وتعزي الظروف التي تسهل عملية التحفر إلي العوامل الأتية :

أولاً : العوامل البيولوجية ◄ وهي العوامل التي تتعلق بالكائن الحي ذاته من حيث تركيبه وأهم هذه العوامل ما يلي :-

1. أن يكون للكائن تركيب هيكلي صلب مما يسهل عملية حفظه.
2. قد يكون هذا التركيب الهيكلي متماسكاً مثل صدفة المحار أو مفكك مثل أشواك القنفذيات البحرية.
3. قد يتركب الهيكل من مواد جيرية مثل أصداف المحاريات أو مواد سيليكاتية مثل الراديولاريا أو مواد فوسفاتية مثل عظام الحيوانات الفقارية ، وهذه المواد قد تُحفظ تحت ظروف جيولوجية مناسبة في الصخور.

ثانياً : العوامل الجيولوجية ◄ وأهمها سرعة دفن الكائن بعد موته ودفنه بين فتات الصخور حيث لا يتعرض لعوامل التحلل.

يمكن تقسيم الحفريات من حيث الدلالة إلي نوعين أساسيين :-

1. حفرية سحنة ***Facies Fossil***

عبارة عن حفرية تدل علي البيئة التي كان يعيش فيها الكائن قبل موته حيث يكون مداها الاستراتجرافي[8] كبير وأنتشارها الجغرافي محدود ببيئات وظروف خاصة في الترسيب ، ويمكن الإستفادة من هذه النوعية من الحفريات في أستنتاج الظروف البيئية القديمة مثل درجات الحرارة والعمق والملوحة وغيرها.

---

[8] المدي الاستراتجرافي أى الفترة الزمنية التي عاشت فيها الحفرية منذ ظهورها وحتي أنقراضها.

2. **حفرية مرشدة *Index Fossil***

عبارة عن حفرية تدل علي الزمن وتستخدم في تحديد عمر الطبقات بدقة كبيرة حيث يكون مداها الإستراتجرافي قصير أو محدود أي ذات مدي زمني قصير ، وأنتشارها الجغرافي واسع حيث أن الكائنات أنتشرت علي وجه الأرض في مختلف أنواع البيئات ولم يقتصر تواجدها علي بيئة محددة.

طرق حفظ الحفريات

أولاً : أثار الكائنات ◄ ومن أمثلة ذلك ما يلي :-

1) **أثر الآقدام وزحف أجسام الكائنات علي التربة والصخور الرخوه ، وكذلك إخراج الحيوانات الذي يمكن من خلاله أستنتاج بعض الصفات الحيوية والتشريحية عن الحيوان نفسه.**



2) **الطابع والقالب *Mold and Cast* : الطابع عبارة عن الأثر الذي يتركه الكائن علي الصخور نتيجة سقوط هيكل الكائن بعد موته علي التربة والصخور الرخوه ، بينما القالب عبارة عن المادة المعدنية التي تملأ تجويف هيكل الكائن بعد ذوبانه وتحليله وتأخذ هذه المادة شكل الهيكل الأصلي.**




ثانياً : بقايا الكائنات

1) **حفظ الهيكل الكامل ◄ يعتبر العثور علي حفرية متكاملة من الأمور النادرة جداً لأنها تحتاج لظروف خاصة ، فإذا تم عزل الكائن عن بكتيريا التعفن بعد موته مباشرة فمن الممكن حفظ هيكل الكائن كاملاً ، ومن أمثلة ذلك فيل الماموث والحشرات المحفوظة داخل الكهرمان.**



2) **حفظ الهيكل الصلب ◄ تعتبر عملية التحفر بالهيكل الصلب فقط هي الأكثر شيوعاً في الصخور الرسوبية المختلفة ، ونادراً ما يتم حفظ الهياكل الصلبة دون تغير في مكوناتها القديمة الأصلية التي بناها الكائن الحي أثناء حياته ، أما الغالبية العظمي من الهياكل يتم حفظها بعد حدوث بعض التغيرات في التركيب الأصلي لها ، وعلي هذا فإن الكائن كلما كان أقدم عمراً كلما تعرضت بقاياه في الصخور لعمليات تغيير أكبر في مكوناته.**

أولاً : حفظ الهيكل الأصلي دون تغير ◄ ومن أمثلة الهياكل الأصلية الصلبة الغير متغيرة ما يلي :-

1. **الهياكل العضوية : تتكون هذه الهياكل من مادة الكيتين غالباً مثل معظم الحشرات والقشريات والنباتات.**
2. **الهياكل السيليكاتية : تعتبر مادة السيليكا من أكثر المعادن ثباتاً وتوجد علي هيئة غير متبلورة في هياكل بعض الكائنات بسيطة التركيب مثل الاسفنجيات.**
3. **الهياكل الجيرية : تعتبر من أكثر الهياكل إنتشاراً في الحيوانات الفقارية وغالباً ما تكون متبلورة علي هيئة معدن الكالسيت وأحياناً نجدها متبلورة علي هيئة معدن الارجونيت غير أنها لا توجد إلا في الرواسب الحديثة ويقل إنتشارها في الصخور الأقدم لعدم ثبات معدن الارجونيت وتحوله تدريجياً إلي معدن الكالسيت.**
4. **الهياكل الفوسفاتية : تعتبر من أكثر الهياكل شيوعاً في الحيوانات الفقارية التي تتكون من معدن فوسفات الكالسيوم.**

ثانياً : حفظ الهيكل بعد التحول ◄ في معظم الأحيان يتم إحلال مادة معدنية من الوسط المحيط بالحفرية بدلاً من المادة الأصلية للهيكل الصلب ، ويكون هذا الأحلال كلي أو جزئي علي حسب الفترة الزمنية التي يتأثر خلالها الهيكل.

وتأخذ هذه العملية الأشكال الآتية :-

1. **الكربنة *Carbonization* : عند موت النبات ودفنه تحت سطح الأرض ومع إرتفاع درجة الحرارة يحدث تحرر لعناصر الأكسجين والهيدروجين والنيتروجين ويزداد تركيز عنصر الكربون في أنسجة الكائن ويتحول إلي مادة كربونية مثل الفحم.**
2. **الأحلال المعدني *Replacement* : يتم إحلال مادة معدنية بدلاً من المادة الأصلية للهيكل وذلك مع أحتفاظ الهيكل بالشكل الأصلي دون تشويه مثل الأشجار المتحجرة التي تنتشر في مناطق عديدة في مصر.**
3. **التشبع المعدني *Petrifaction* : تحدث هذه العملية عن طريق أمتلاء مسام الهياكل بمواد معدنية تزيد من صلابة الهيكل.**
4. **إعادة التبلور *Recrystallization* : وفي هذه العملية لا يحدث تغير في المادة الأصلية وأنما تتغير أشكال وأحجام وترتيب البلورات وتؤدي هذه العملية إلي زيادة صلابة الهياكل كما يحدث من تحول معدن الارجونيت إلي معدن الكالسيت في الاصداف الجيرية.**

البيئات الملائمة للتحفر

تعتبر البيئات البحرية هي الأكثر أهمية بالنسبة لدراسة الحفريات نظراً لان الغالبية العظمي من الحفريات توجد محفوظة في الانواع المختلفة من الرواسب البحرية ، حيث أن فرصة الحفظ في البيئات البحرية أفضل بكثير منها علي اليابسة ، ذلك بالإضافة إلي وفرة الحيوانات في البحار خاصة في المناطق الشاطئية ، ويمكن تقسيم البيئات البحرية إلي عدة مناطق من حيث عمق المياه وطبيعة أنحدار القاع وهي كما يلى :-

1. المنطقة الشاطئية أو الساحلية ◄ تمتد من خط الشاطئ وحتي عمق 50 متر ، وتعتبر من أكثر المناطق التي تتميز بالضوء الجيد والأكسجين والغذاء ، ومن ثم وفرة الكائنات النباتية وبالتالي تكثر فيها الحيوانات التي تتغذى علي تلك النباتات ، وتحتوي هذه المنطقة علي رواسب الجلاميد والحصي والرمال.
2. المنطقة البحرية الضحلة ◄ تمتد من عمق 50 متر وحتي 200 متر ، وتتطابق مع منطقة الرف القاري من حيث أنحدار قاع البحر ، وهي منطقة غنية بالضوء والغذاء تحتوي علي رواسب الحصي والرمال والطين.
3. المنطقة البحرية العميقة ◄ تمتد من عمق 200 متر وحتي عمق 2000 متر ، وتغطى منطقة المنحدر القاري الفاصل بين أعماق المحيطات ورصيف القارات ، وتقل فيها الكائنات بشكل ملحوظ ؛ وذلك لعدم توافر أسباب الحياة من ضوء وغذاء ، وتحتوى هذه المنطقة علي رواسب طينية دقيقة الحبيبات وبقايا عضوية مثل الدياتومات والفورامنيفرا والراديولاريا.
4. منطقة الآعماق السحيقة ◄ تمتد في قيعان المحيطات التي يزيد عمقها عن 2000 متر ، وتندر فيها الكائنات حيث لا يتواجد إلا نوعيات معينة من الأسماك ذات صفات خاصة تؤهلها للمعيشة تحت ظروف بيئية شديدة الصعوبة ، وتحتوي علي رواسب بركانية مثل الطين الأحمر وبقايا عضوية مثل الدياتومات والفورامنيفرا.

أقسام الاحياء البحرية

1. الآحياء الطافية : عبارة عن كائنات تطفو علي سطح الماء وليس لها أعضاء حركة وتكون كروية الشكل غالباً ؛ ولذلك تتحكم الأمواج والتيارات البحرية في توزيعها وأنتشارها.
2. الآحياء السابحة : عبارة عن كائنات تعيش سابحة في الماء ولها أعضاء حركة.
3. الآحياء القاعية : عبارة عن كائنات تعيش مرتبطة بالقاع ، ويوجد نوعين من الآحياء القاعية :-
   A. قاعية جالسة : تعيش ملتصقة بالقاع.
   B. قاعية متحركة : تعيش زاحفة علي القاع.

أهمية الحفريات

قدمت الحفريات وما زالت تقدم الكثير من المعلومات الهامة عن تاريخ الحياة علي سطح الأرض عبر الأزمنة الجيولوجية ، وتتميز الحفريات بالعديد من الخصائص منها أنها وسيلة سريعة ودقيقة وغير مكلفة للإجابة علي العديد من التساؤلات حول تاريخ الأرض وتطورها ، ويمكن تلخيص أهمية الحفريات في النقاط الآتية :-

1. تعتبر الحفريات المدخل الحقيقي لدراسة تطور الأرض.
2. أستنتاج الظروف البيئية والمناخية التي سادت قديماً.
3. تحديد عمر الصخور الرسوبية ومنها يمكننا تحديد عمر الأرض.
4. تستخدم الحفريات خاصة الحفريات المرشدة في عملية المضاهاة بين أي تتابع صخري في منطقة ما وتتابع صخري في منطقة أخري وذلك بمقارنة هذه الحفريات في كلا المنطقتين.

الباب الخامس

العوامل المؤثرة في القشرة الأرضية

يتأثر سطح الأرض بصفة عامة بفعل عوامل طبيعية ، وهذا التأثير وإن كان ضئيلاً في حد ذاته إلا أنه إذا أعطى الوقت الكافي فلآبد وأن يحدث أثر كبير ، فنهر النيل مثلاً يرسب سنوياً ما سمكه ملليمتر واحد من الغرين في وادي النيل ، ومع أن هذا الأثر غير ملحوظ إلا أنه لو علمنا أن متوسط التربة الزراعية المصرية يبلغ حوالي عشرة أمتار فإنه يكون قد لزم لتكوين هذا السمك عشرة آلاف من السنين علي الأقل ، والرياح أيضاً يلآحظ تأثيرها بتوالي السنين حيث يمكن لها أن تنقل كميات ضخمة من الرمال وترسبها في صورة كثبان رملية تغطى معظم الصحراء ، وكذلك فإن هناك البراكين والزلازل التي تشترك ضمن العوامل التي تؤثر علي القشرة الأرضية.

ويمكن تقسيم العوامل التي تؤثر علي سطح الأرض إلي نوعان :-

1. عوامل خارجية : وهي ترجع لتأثير غلافي الجوى والمائي في القشرة الأرضية ، ومن هذه العوامل الرياح والأمطار والسيول والبحار والمحيطات والأنهار وكذلك أنواع الحياة من حيوانات ونباتات.
2. عوامل داخلية : وهي ترجع لظروف خاصة في باطن الأرض من حرارة وضغط وما ينتج عنها من زلازل وبراكين وحركات أرضية تؤثر في القشرة الأرضية.

التعرية ***Erosion***

عملية التعرية عبارة عن أثر العوامل الخارجية علي الصخر مما يعمل علي تكسيره إلي فتات صخري ثم نقل الفتات الصخري بواسطة العوامل الطبيعية مثل الرياح والماء معرضاً طبقة جديدة لعوامل التعرية ، وتتأثر عملية التعرية بالأنشطة البشرية ، كما أنها تتسبب في نقل التربة أو تآكلها ، وتعد عملية التآكل مشكلة بيئية تؤثر علي نمو النباتات ؛ لأنها قد تحدث للتربة الغنية بالمواد الغذائية المهمة للنباتات ، والتعرية تمر بعدة مراحل تبدا أولاً بعملية التجوية التي تعمل علي تكسير الصخر إلي فتات صخري ، ثم عملية نقل هذا الفتات من مكانه الأصلي إلي مكان أخر ، وتنتهي بعملية الترسيب.

عملية التجوية ***Weathering***

التجوية عبارة عن أثر عوامل الجو علي الصخر مما يؤدي إلي تكسيره ، ويندرج تحت عمليتي التعرية والتجوية عملية تحطيم الصخور وتكسيرها ثم نقلها من مكانها الأصلي ، إلا أن الفرق الرئيسي بينهما يُكمن في عملية نقل الصخر من موقعه الأصلي ، فالتجوية تقوم بتكسير الصخور دون تحريكها من موقعها الأصلي ، أما التعرية فيتم فيها نقل الفتات إلي مكان بعيد عن مكانه الأصلي وترسيبه فيه.

أنواع التجوية

1) التجوية الميكانيكية ***Mechanical Weathering***

التجوية الميكانيكية أو الطبيعية عبارة عن تكسير الصخور دون تغير في تركيبها الكيميائي ، فمثلاً صخر الجرانيت يتكون من ثلاث معادن أساسية وهي (الكوارتز والفلسبار البوتاسي والميكا) ، فإذا تم تكسير الجرانيت إلي فتات صخري في حجم الحصي فإن كل قطعة من هذا الفتات تتكون من الجرانيت بكل معادنه ، وإذا تم التفتيت لقطع في حجم حبيبات الرمل فكل حبيبة منها هي أحد المعادن المكونة لصخر الجرانيت.

عوامل التجوية الميكانيكية

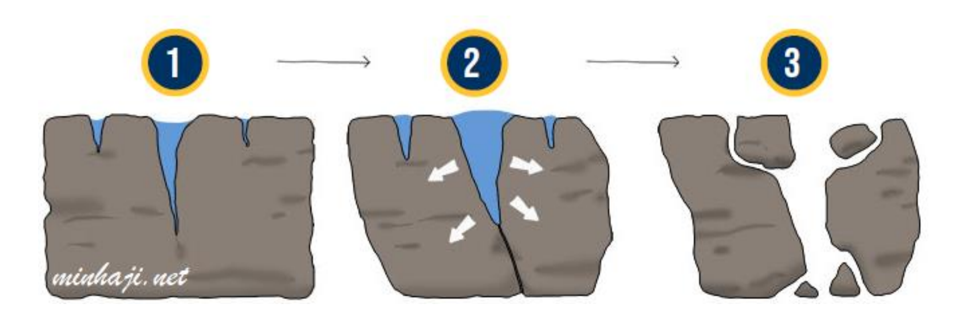
أولاً : العوامل الحياتية

تشمل العوامل الحياتية تأثير النباتات والحيوانات علي الصخور حيث تعمل جذور النباتات التي تنتشر وتخترق الصخور إلي تفكك هذه الصخور ، كما أن الحيوانات التي تعيش تحت سطح الأرض تساعد في حفر التربة والمساهمة في جعلها سائبة وقابلة للحركة مع عوامل النقل ، ومن الجدير بالذكر أن الإنسان هو العامل الأكثر نشاطاً الآن في عمليات التجوية حيث يقوم الإنسان بحفر الأرض لعمل الأنفاق وأساسات المباني وغير ذلك مثل البحث عن الثروات الطبيعية في باطن الأرض.

ثانياً : العوامل الفيزيائية

1. **الصقيع *Frost* : عبارة عن تجمد المياه في شقوق وفواصل الصخور في المناطق الباردة أو الجبلية المرتفعة.**

والأساس العلمي في ذلك أن الماء عندما يتجمد يزيد حجمه بمقدار العشر تقريباً مما يعمل علي توسيع الشق ، ويترتب علي ذلك تكسير الصخور علي جانبي الشق ، فيتراكم الفتات عند أسفل الجبل (قدم الجبل) مكوناً مظهر جيولوجي يطلق عليه منحدر ركامي.



2. **التمدد الحراري في المناطق الصحراوية**

نتيجة الفرق في درجات الحرارة في المناطق الصحراوية الجافة يحدث للصخر تمدد بسبب درجات الحرارة العالية جداً في النهار وأنكماشه ليلاً بسبب درجات الحرارة المنخفضة ، ونتيجة هذا التمدد والانكماش يؤدي ذلك إلي ضعف قوة تماسك الصخر مع مرور الزمن مما يؤدى إلي تفتيته.

2) التجوية الكيميائية *Chemical Weathering*

التجوية الكيميائية عبارة عن تكسير الصخور مع تغير تركيبها الكيميائي ، وتغير التركيب الكيميائي يدل علي تحلل معادن الصخر إلي معادن أخري ، وذلك عن طريق فقد أو إضافة عنصر للتركيب المعدني للصخر.

عوامل التجوية الكيميائية

1. **عملية الإذابة : عبارة عن عملية ذوبان المعادن المكونة للصخور عند سقوط الأمطار عليها ، وليست كل المعادن تذوب مباشرة بمجرد سقوط الأمطار عليها مثل معدن الهاليت ، فهناك بعض المعادن تذوب إذا كانت المياه قلوية مثل معادن السيليكا ، وهناك بعض المعادن تحتاج إلي عوامل مساعدة علي الذوبان مثل وجود ثاني أكسيد الكربون الذي يتحد مع الماء ليكون حمض الكربونيك المخفف والذى بدوره يحول كربونات الكالسيوم الي بيكربونات الكالسيوم الذي يذوب في الماء.**

2. **عملية الكربنة : عبارة عن تفاعل ثاني أكسيد الكربون المعلق في الهواء مع ماء المطر لينتج عن ذلك حمض الكربونيك المخفف H_2CO_3 (أمطار حمضية) ، وعند سقوط هذه الأمطار الحمضية علي كهف يتكون بشكل أساسي من الحجر الجيري يحدث ذوبان كامل لهذا الكهف.**
3. **عملية الأكسدة : عبارة عن إضافة عنصر الأكسجين إلي التركيب المعدني للصخر ، خاصة الصخور التي تحتوي علي الحديد والماغنسيوم مثل الصخور النارية القاعدية والفوق قاعدية التي تحتوي علي الحديد والماغنسيوم فيحدث لها عملية أكسدة تؤدي في الغالب إلي تكون أكاسيد الحديد.**
4. **عملية الآماهة (التميؤ) : عبارة عن إضافة الماء إلي التركيب المعدني ليتكون ما يسمى بالمعادن المائية مثل تحلل الانهيدريت (كبريتات الكالسيوم لآمائية) إلي الجبس (كبريتات الكالسيوم المائية).**

مثال علي التجوية الكيميائية

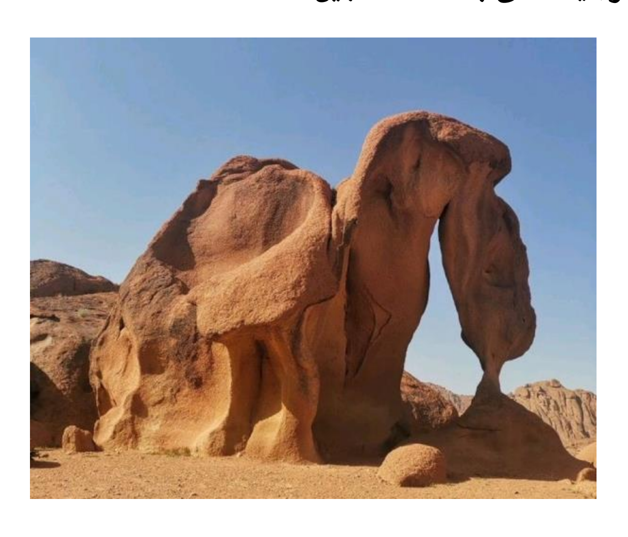
من دراسة تحلل صخر الجرانيت ، نجد أن الجرانيت يتكون بشكل أساسي من الكوارتز والميكا والفلسبار البوتاسي ، وهذه المكونات تتفاوت في درجة تأثيرها بالتجوية الكيميائية ، فالكوارتز هو آخر ما يتبلور من المعادن المكونة لصخر الجرانيت وذلك تحت درجات حرارة منخفضة نسبياً ، كما أن تركيبه الكيميائي وصفاته الفيزيائية تجعله ثابتاً لا يتأثر بالتجوية الكيميائية ، أما معدن الفلسبار يتحلل تحت تأثير حامض الكربونيك إلي معدن الكاولينيت وهو أحد معادن الطين ، وكذلك الميكا أيضاً تتحول إلي معادن طينية ، وبالتالي يعتبر معدن الكوارتز هو المعدن الوحيد الذي يبقي دون أي تغيير ، بينما تتحول المعادن الآخري إلي مكونات معدنية جديدة أضعف وأقل تماسكاً من المعادن الأصلية.

العمل الجيولوجي للرياح

تُعرف الرياح بأنها عبارة عن كتل هوائية تتحرك بسرعات كبيرة نتيجة لإنتقالها من مناطق الضغط المرتفع إلي مناطق الضغط المنخفض وغالباً تكون حركتها أفقية ، وعمل الرياح يعتبر من النشاطات الجيولوجية للغلاف الجوي ويظهر تأثيرها في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية حيث يقل سقوط الأمطار ويسود الجفاف مما يساعد علي تفكك رسوبيات القشرة الأرضية وعدم تماسكها وهذا يسهل حملها ونقلها بواسطة الرياح ويؤدي هذا النقل إلي حدوث عمليتي التعرية والترسيب.

العمل الهدمي للرياح

1. **تأثير الرياح علي الصخور الغير متجانسة يؤدي إلي تفتيت الصخور الأقل صلابة بمعدل أسرع من الصخور الأكثر صلابة وينتج عن ذلك ظاهرة جيولوجية تسمى بالنحت المتباين.**



2. تأثير الرياح عند مرورها علي حصوات غير منتظمة الشكل ◂ عند مرور الرياح بما تحمله من حبيبات الرمال لفترة طويلة علي الحصوات الموجودة فى الصحراء ينشأ عن ذلك برى وصقل أحد جوانبها الذي تتعامل حافته مع إتجاه الرياح ، وحين يتغير وضع الحصوة لسبب أو لآخر يتعرض جانب ثاني وثالث لهبوب الرياح المحملة بالرمال فتتكون عدة أوجه تصقلها وتبريها الرياح فينشأ عن ذلك أن يتحول الحصي إلي عدة أشكال عديدة منها مثلثية أو رباعية أو خماسية.

العمل البنائى للرياح

تعتبر الرياح عوامل نقل هائلة فى الطبيعة فهي تقوم بنقل كميات كبيرة جداً من الدقائق والحبيبات الرسوبية والغبار ودقائق الرمال إلي مسافات بعيدة تصل إلي بضع آلاف من الكيلومترات عن مكانها الأصلى ، وتترسب هذه الحمولة التي تنقلها الرياح فى شكل أكوام أو تجمعات وعندما تواجه حبيبات الرمل المحمولة عائقاً ما في طريقها أو عندما تقل سرعة الرياح التي تنقلها فإنها تترسب ويتكون ما يعرف بالتجمعات الرملية ، وتأخذ هذه التجمعات أشكالاً متعددة منها ما يتجمع بمساحات محدودة عند شواطئ البحار ومنها ما يتجمع بمساحات شاسعة فى المناطق الصحراوية ويُسمى بالكثبان الرملية.

الكثبان الرملية *Sand Dunes* ◂ عبارة عن مرتفع أو حاجز من الحبيبات الرملية مختلفة الحجم والشكل المترسبة بواسطة الرياح ويصل أرتفاعها من بضعة أمتار إلي مئات الأمتار ، وتأخذ الكثبان الرملية عدة أشكال حيث يتوقف الشكل الذي يأخذه الكثيب علي عدة عوامل منها سرعة الرياح وثبات إتجاه الرياح.

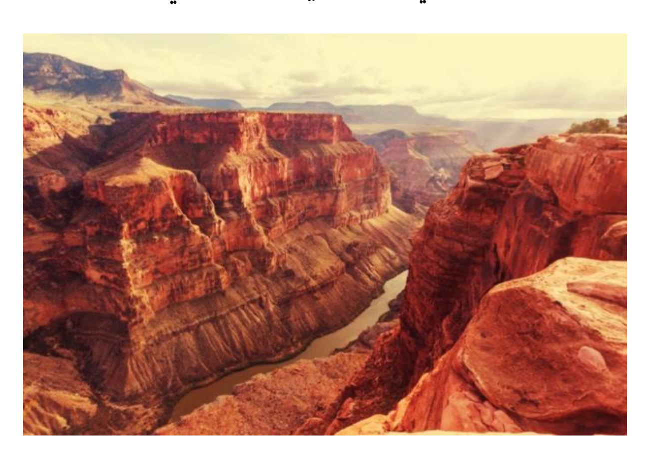
أشكال الكثبان الرملية

1. كثبان رملية مستطيلة : تكون في نفس إتجاه الرياح وتعرف بالغرود مثل غرد أبو المحاريق ، الذي يمتد حوالي 300 كم من الشمال الغربي إلي الجنوب الشرقي بين الواحات البحرية حتي الواحات الخارجة بالصحراء الغربية.
2. كثبان رملية هلالية : تعتبر الكثبان الهلالية أكثر أنواع الكثبان إنتشاراً وتاخذ شكل الهلال وهي ذات إنحدار بسيط في إتجاه الرياح و إنحدار شديد في الجهة المضادة.
3. كثبان رملية ساحلية : تتكون من حبيبات جيرية متماسكة مثل الكثبان الممتدة بين الإسكندرية ومطروح ، وتأخذ أيضاً الشكل الهلالي ولكنها ذات إنحدار شديد في إتجاه الرياح وإنحدار بسيط في الجهة المضادة.

العمل الجيولوجي للأمطار

العمل الهدمي للأمطار يقسم إلي هدم ميكانيكي وهدم كيميائي.

1. العمل الميكانيكي ◂ يرجع العمل الميكانيكي للأمطار إلي شدة سقوطها وحركتها فتقوم بتفتيت ونقل الأجزاء الصخرية عندما يصاحب المطر رياح شديدة ، والظاهرة الجيولوجية التي تصاحب هذا العمل هي تكوين الأخاديد والجروف مثل الجروف قليلة الإرتفاع التي توجد بين الأخاديد في شبه جزيرة سيناء والتي تنشأ نتيجة نحت الأمطار لآوجه الصخور الجيرية.



2. **العمل الكيميائي ◄ تنشيط عمليتي الأكسدة والكربنة بواسطة مياه الأمطار بما تحمله من الأكسجين (عملية الأكسدة) وثاني أكسيد الكربون (عملية الكربنة) حيث يتفاعل مياه الأمطار مع ثاني أكسيد الكربون المعلق في الهواء مما يؤدي إلي إذابة الصخور الجيرية.**

العمل الجيولوجي للسيول

تُعرف السيول بإنها عبارة عن إنحدار مياه الأمطار الغزيرة من فوق المرتفعات في صورة مجاري ضيقة تتصل بعضها مكونة الأخوار مثل سيول جبال البحر الأحمر بالصحراء الشرقية بمصر والتي تصب مياهها في البحر الأحمر ووادي النيل.

العمل الهدمي للسيول ◄ تكتسح السيول كل ما يقابلها من الطين والرمال والحصي والجلاميد الكبيرة مما يساعد علي نحت وتعميق مجرى السيل الضيق بمرور الزمن ويظهر ذلك واضحاً فى الصحراء نظراً لندرة النباتات ، والظاهرة الجيولوجية التي تصاحب هذا العمل هي تكوين الأخوار.



العمل البنائي للسيول ◄ يحدث هذا العمل عندما تفقد السيول سرعتها بعد خروجها من مخرج الخور ويترسب ما يحمله السيل من فتات صخري ، والظواهر الجيولوجية التي تصاحب السيول تكوين كلاً من :-

1. **مخروط السيل : وهذا يحدث نتيجة ترسيب ما يحمله السيل عند فقدان سرعته أثناء خروجه من مخرج الخور علي شكل نصف دائرة مركزها مخرج الخور.**
2. **مروحة السيل (الدلتا الجافة) : وهذا يحدث عندما يكون الترسيب علي شكل مثلث قمته عند مخرج الخور ومتدرج في حجم الرواسب من مخرج الخور حتي قاعدة المثلث (جلاميد ، حصي كبير ، رمال ، طين) علي الترتيب.**





البحار والمحيطات Sea and Ocean

يطلق علي كوكب الأرض أسم الكوكب الأزرق وهذا يعود لوفرة المياه علي سطحه ، وكما ذكرناً سابقاً أن الغلاف المائي يغطي 72 % من مساحة الكرة الأرضية ويشمل كل المياه الموجودة علي سطح الأرض من محيطات وبحار وبحيرات وأنهار ، ولا يقتصر الغلاف المائي علي المياه السطحية فقط بل أيضاً المياه الجوفية التي تتخلل الصخور المسامية وتتسرب خلال الفجوات والشقوق.

وتغطي البحار والمحيطات حوالي 70 % من سطح الكرة الأرضية ، والبحار والمحيطات لها أهمية كبيرة فهي تزودنا بالغذاء وتنظم مناخنا وتولد معظم الأكسجين الذي نتنفسه وكثير من الفوائد التي لا غني عنها في حياتنا ، ويمكن ترتيب محيطات العالم من حيث المساحة إلي :-

A. المحيط الهادى ***Pacific Ocean*** : أكبر المحيطات مساحة وتبلغ مساحته نصف مساحة الغلاف المائى وأكثر من ثلث مساحة سطح الكرة الأرضية ، ويحتوى هذا المحيط علي أعمق نقطة بحرية في العالم وهي المعروفة باسم خندق ماريانا بالقرب من جزر الفلبين.
B. المحيط الأطلسي ***Atlantic Ocean*** : ثاني أكبر المحيطات مساحة.
C. المحيط الهندي ***Indian Ocean*** : ثالث أكبر المحيطات مساحة.
D. المحيط المتجمد الشمالي ***Arctic Ocean*** : أصغر المحيطات مساحة.



العمل الهدمي للبحار والمحيطات

يرجع تأثير البحار والمحيطات علي صخور شواطئها إلي الحركة الدائمة لمياهها ، وهذه الحركة علي ثلاث أنواع :-

حركة الأمواج : وهي عبارة عن حركة أفقية للمياة السطحية نتيجة هبوط الرياح في إتجاه معين ، والأمواج تكون أكبر حجماً في البحار المفتوحة (أى ذات أتصال مباشر بالمحيطات) عما هي في البحار المقفلة ، ويختلف حجم الأمواج فى البحر الواحد بإختلاف قوة الرياح التي تسببها ، ويتوقف التأثير الهدمي للأمواج علي قوة وحمولة الأمواج ونوع الصخر الذي تصطدم به الأمواج ، فعند تصادم الأمواج في صخور غير متجانسة (أي متفاوتة في الصلابة) فإن الأمواج تعمل علي تفتيت الجزء الاقل صلابة بمعدل أسرع من الجزء الأكثر صلابة ، ولما كانت الصخور المكونة للشواطئ متفاوتة في الصلابة فان مقاومتها للتاكل بواسطة الأمواج هي أيضاً متفاوتة ومن ثم ترى أن الشواطئ متعرجة وغير مستقيمة وتبرز منها الصخور الصلبة ، وهذا ما يطلق عليه أسم التعرجات الشاطئية.

حركات المد والجزر : وهي عبارة عن حركات منتظمة تعمل علي أرتفاع منسوب المياه ثم الإنخفاض مرة أخرى في كل 12 ساعة و 26 دقيقة ، وحركات المد عبارة عن تقدم البحر وتغطية الماء لصخور الشاطئ مما يؤدي إلي هدم وتفتيت هذه الصخور ، بينما حركات الجزر عبارة عن تراجع البحر مما يؤدي إلي ظهور جزء من القاع ، وأثناء عملية الجزر تقل سرعة الماء مما يؤدي إلي ترسيب ما تم تفتيته.

التيارات البحرية : وهي عبارة عن بعض الكتل المائية المنتشرة في مختلف أنحاء الكرة الأرضية ، وفي هذه الكتل المائية تحرك المياه في إتجاه محدد عبر مسافات طويلة ، ويوجد عدد كبير جداً من أنواع التيارات البحرية التي قد ظهرت نتيجة أختلاف مستوي كثافة المياه من مكان لآخر وأختلاف مستوي الملوحة وأختلاف درجة حرارة المياه أيضاً من مكان لآخر.

ترسيب البحار والمحيطات

إلي جانب ما تقوم به البحار والمحيطات كعوامل هدم في الجزء البارز من القشرة الأرضية فأنها تقوم بدور إنشائى كبير في تكوين هذه القشرة ، فهي تعتبر كاحواض ضخمة تتراكم علي قيعانها المواد التي تقوم بهدمها من صخور الشواطئ ، ويختلف شكل ونوع الرواسب البحرية بإختلاف الأعماق التي تتكون عندها هذه الرواسب وعلي هذا فانه يمكن تقسيم البحار والمحيطات إلي عدة مناطق نختص كل منها بنوع معين من الرياح والحياة ، وهذه المناطق سبق الحديث عنها وهي كما يلى :-

1. المنطقة الشاطئية أو الساحلية.
2. المنطقة البحرية الضحلة.
3. المنطقة البحرية العميقة.
4. منطقة الآعماق السحيقة.

المياه الجوفية *Groundwater*

المياه الجوفية عبارة عن المياه التي تتواجد تحت سطح الأرض في مسام الصخور الرسوبية التي لها نفاذية عالية ، وقد تظهر علي سطح الأرض في الأماكن المنخفضة ، وتكونت تلك المياه عبر أزمنة مختلفة حيث كان مصدرها غالباً المطر ، حيث تتسرب المياه من سطح الأرض إلي داخلها فيما يعرف بالتغذية ، فكلما كانت التربة مفككة وذات فراغات كبيرة ومسامية عالية ساعدت علي التسرب الأفضل للمياه ، وبالتالي الحصول علي مخزون مياه جوفية جيد مع مرور الزمن.

والمياه الجوفية التي تتسرب خلال طبقات الصخور تكون في نطاق يعرف بإسم النطاق الهوائي ، وأذا تعدت هذه المياه حد المنسوب المائي ***Water Table*** تكون في نطاق يعرف بإسم نطاق التشبع ، وإذا تقاطع سطح الأرض مع حد المنسوب المائي يؤدي هذا إلي تصاعد المياه علي السطح من خلال عيون مثل العين السخنة وعين حلوان.

وجدير بالذكر أن المياه الجوفية تلعب دوراً هام في نحت الصخور الرسوبية الجيرية وهذه الظاهره تسمي الكارست ، وبالتالي يمكن تعريف الكارست بأنه عبارة عن ظاهرة ناتجة من نحت المياه الجوفية للصخور الجيرية.

أنتشار المياه الجوفية وحركتها

المياه الجوفية دائمة الحركة في الصخور وأنتشارها في الغالب هو في إتجاه البحر ولكنها قد تتغير في حركتها بالإتجاهات التي تحددها التراكيب الجيولوجية التي تمر فيها ، وتتوقف حركة المياه الجوفية وأنتشارها علي عدة عوامل أهمها ما يلى :-

1. مسامية الصخور ***Porosity***
2. نفاذية الصخور ***Permeability***
3. ميل عام للطبقات السفلية الحاملة للمياه الجوفية.

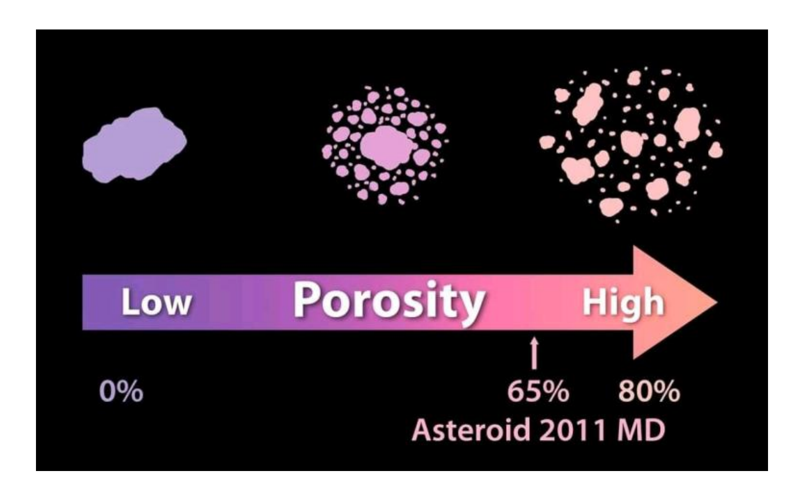
أولاً : مسامية الصخور *Porosity*

يسمى الصخر مسامي إذا كان يحتوي علي فتحات أو مسام بين حبيباته ، وتقدر مسامية الصخور في صورة نسبة مئوية بين الحجم الكلي للفراغات الموجودة بين الصخر إلي الحجم الكلي للصخر نفسه.

$$\text{المسامية} = \frac{\text{حجم الفراغات}}{\text{الحجم الكلي}} \times 100$$

وتتوقف درجة مسامية الصخور علي عدة عوامل أهمها ما يلي :-

1) **شكل الحبيبات : عندما تكون حبيبات الصخر في شكل كرات تامة الأستدارة تكون درجة المسامية أعلي من حالة إذا كانت حبيبات الصخر ذات زوايا مدببة ؛ لأن الأطراف المدببة تدخل في الفراغات الموجودة بين الحبيبات الأخري مما يؤدي إلي تقليل المسامية.**
2) **طريقة ترتيب الحبيبات : ويتوقف ذلك علي مقدار الضغط الذي تعرضت له الصخور بعد ترسيبها نتيجة لتراكم طبقات أخري فوقها وهذا يؤثر علي درجة تزاحم الحبيبات ، وتكون مسامية الصخور عالية كلما كانت حبيباتها أقل تزاحماً والعكس صحيح.**
3) **درجة التقارب بين أحجام الحبيبات : كلما كانت أحجام حبيبات الصخر متقاربة كلما زادت مسامية الصخر مما يؤدي إلي سهولة حركة المياه الجوفية والعكس صحيح ، فالرمال مثلاً إذا كانت حبيباتها متساوية في الحجم تقريباً تكون أكثر مسامية من الرمال المكونة من حبيبات مختلفة في الحجم ، فإذا كانت الحبيبات مختلفة في الحجم وبعضها كبير والآخر صغير فإن الحبيبات الصغيرة تسد بعض الفراغات التي تتركها الحبيبات الكبيرة وبذلك تقل مسامية الصخر.**
4) **درجة تلاحم الحبيبات : ويرجع ذلك إلي ترسيب رواسب كيميائية بين حبيبات الصخر مما يؤدي إلي إنسداد الفراغات بين الحبيبات وتلاحمها ، فإذا زادت المادة اللاحمة بين الحبيبات قلت مسامية الصخر مما يؤدي إلي إعاقة حركة المياه الجوفية والعكس صحيح.**



ثانياً : نفاذية الصخور *Permeability*

لقد رأينا أهمية درجة مسامية الصخور من ناحية قدرتها علي حمل الماء وتخلله فيها ولكن الأهم من ذلك في هذا الموضوع هو قدرة الصخور علي أمرار الماء بين حبيباتها والسرعة التي يسري بها الماء في المسام وهذا ما نسميه نفاذية الصخور ، والتي يمكن التعبير عنها بإنها مقياس لدرجة السهولة التي تتحرك بها السوائل خلال مسام الصخور.

ويمكن تقسم الصخور حسب المسامية والنفاذية إلي أربعة أنواع :-

1. **صخور مسامية ومنفذة مثل الحجر الرملي والكونجلوميرات ، وهذه الصخور من أهم أنواع الصخور حيث تعتبر بمثابة خزانات للمياه الجوفية والبترول أيضاً.**
2. **صخور مسامية غير منفذة مثل الحجر الطيني.**
3. **صخور غير مسامية ممرة[9] مثل صخر الجرانيت المشقق.**
4. **صخور غير مسامية وغير ممرة مثل صخر الكوارتزيت.**

---

[9] من المعروف أن صخر الجرانيت صخر نارى غير مسامي ، وقد يحتوي هذا الصخر علي الكثير من الشقوق والفواصل التي تعمل ك ممرات للمياه ، أي أن الماء لا ينفذ من حبيبات الصخر نفسه بل من خلال هذه الشقوق وتسمى الصخور في هذه الحالة بالصخور الممرة *Pervious Rocks*.

ثالثاً : ميل عام للطبقات السفلية الحاملة للمياه الجوفية

وهذا العامل يفسر وجود الآبار في المناطق الصحراوية بالرغم من قلة تساقط الأمطار في هذه المناطق ، وهذا دليل علي تساقط الأمطار في مناطق أخري بعيدة عن المناطق الصحراوية ، وبسبب وجود ميل للطبقات السفلية تنحدر المياه من منطقة سقوط الأمطار إلي المنطقة الصحراوية.

أنواع المياه الجوفية

1. **مياه جوفية محصورة _**Confined Aquifer**_ : وهي المياه الجوفية التي يتم فصلها عن سطح الأرض عن طريق طبقة محصورة غير نفاذة _**Impervious Layer**_ ، وتكون المياه الجوفية في هذه الحالة مضغوطة.**
2. **مياه جوفية غير محصورة _**Unconfined Aquifer**_ : وهي المياه التي تملأ طبقة من الصخور بشكل كلي أو جزئي ، وتتعرض هذه الطبقة لسطح الأرض مما قد يؤدي إلي تعرضها لملوثات السطح المختلفة نتيجة لتلامسها المباشر مع الغلاف الجوي وعدم وجود طبقة خاصة لحماية هذا النوع من المياه الجوفية.**

Unconfined Aquifer
Water Table
Impervious Layer
Confined Aquifer
Impervious Layer

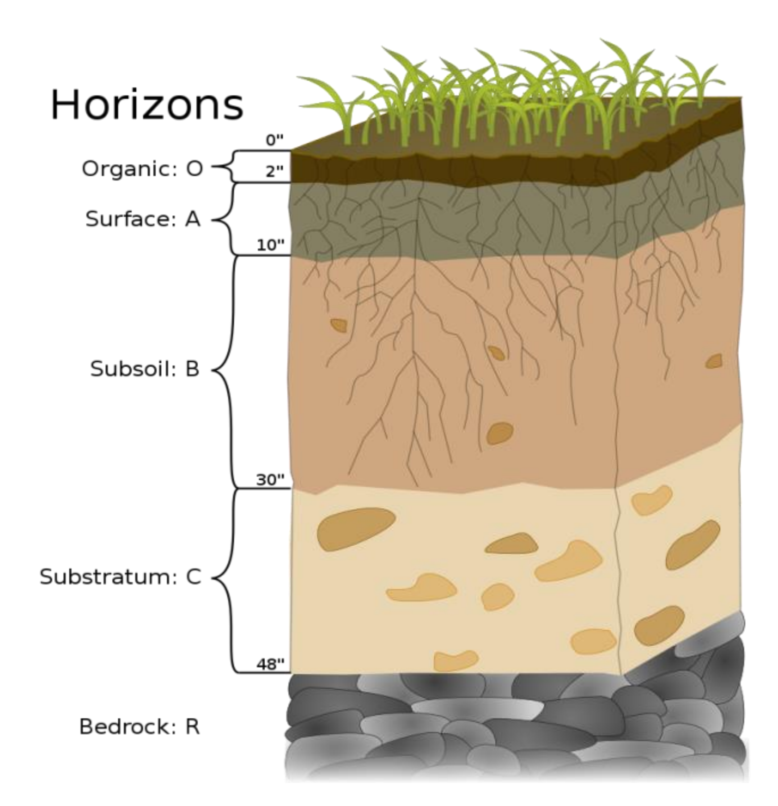
التربة ***Soil***

التربة عبارة عن خليط من مواد عضوية ومواد معدنية حيث أن المواد العضوية جعلتها صالحة للزراعة والمواد المعدنية ناتجة عن تفتيت الصخر ، وتنشأ التربة من تفتت الصخور وتأكلها بفعل عوامل التجوية.

وينظر كل شخص إلي التربة حسب إستخدامه لها ، فالمهندس ينظر إليها علي أنها مادة تُبنى عليها ، وينظر الدبلوماسي إلي التربة علي أنها أراضي الدولة ، بينما ينظر عالم التربة إليها علي أنها السطح المعدني (أو / و) الطبقة العضوية للأرض التي تعرضت لدرجة معينة من التجوية الميكانيكية أو الكيميائية ، والتربة بشكل عام لها أهمية كبيرة من الناحية الزراعية ومدي جودة التربة وصلاحيتها للزراعة وكذلك أيضاً من الناحية الهندسية ومدى ملاءمة التربة وخواصها الفيزيائية للإنشاءات الهندسية.

أجزاء التربة الناضجة ◄ **تكونت التربة الناضجة في فترة زمنية طويلة وتتكون من ثلاث نطاقات رئيسية :-**

1. **نطاق سطح التربة (النطاق العلوي) : هو نطاق الترشيح حيث يقوم الماء بإزالة الأملاح والمواد الطينية الدقيقة من هذا النطاق وترشيحها إلي أسفل ، ويتميز هذا النطاق بوفرة المواد العضوية التي تجعل التربة صالحة للزراعة.**
2. **نطاق تحت سطح التربة (النطاق الأوسط) : هو النطاق الذي ترسبت فيه الأملاح والمواد الطينية التي ترشحت من النطاق العلوي ، ويتميز هذا النطاق بإحتوائه علي رواسب ثانوية وغاز الأكسجين.**
3. **نطاق منطقة فوق الصخر الأصلي (النطاق السفلي) : هو نطاق تجوية الصخر الأصلي حيث يتكون هذا النطاق من مواد صخرية متماسكة أو مفككة تكونت منها التربة.**



تصنيف التربة ◄ **يمكن تصنيف التربة من حيث النشأة إلي نوعين وهما :-**

1. **التربة الوضعية : عبارة عن التربة التي تتكون فى مكانها من نفس الصخر الذي يقع أسفلها ؛ لذلك تتشابه مع الصخر الأصلي فى التركيب الكيميائي والمعدني ، وتتميز بتدرج النسيج حتي تصل إلي الصخر الأصلي.**
2. **التربة المنقولة : عبارة عن التربة التي تفككت فى مكان ثم انتقلت إلي مكانها الحالي بواسطة عوامل النقل ؛ لذلك تختلف في التركيب الكيميائي والمعدني عن الصخر الذي يقع أسفلها ، ولا يوجد تدرج في النسيج بل يوجد بها الحصي المستدير ، وهي دائمة التعرض لعوامل التعرية والنقل المختلفة.**

الباب السادس

التراكيب الجيولوجية

التراكيب الجيولوجية عبارة عن تراكيب أو أشكال تنتج عادة بسبب القوي التكتونية القوية التي تحدث داخل الأرض حيث تعمل هذه القوي علي طي الصخور وتحطيمها وتكسيرها ، وتشكل صدوع عميقة فيها وتبني الجبال ، ومن الجدير بالذكر أن التطبيقات المتكررة لهذه القوة تنتج وتخلق صورة جيولوجية معقدة للغاية ، وغالباً ما تتشكل الموارد الطبيعية كالخامات المعدنية والنفط علي طول هذه التراكيب الجيولوجية ، لذلك فإن فهم أصل هذه التراكيب مهم جداً لإكتشاف أحتياطات الموارد غير المتجددة ، وتُعرف الجيولوجيا التركيبية علي أنها دراسة العمليات التي تؤدي إلي تشكل التراكيب الجيولوجية وكيفية تأثير هذه التراكيب علي صخور القشرة الأرضية خاصة الصخور الرسوبية.

أنواع التراكيب الجيولوجية

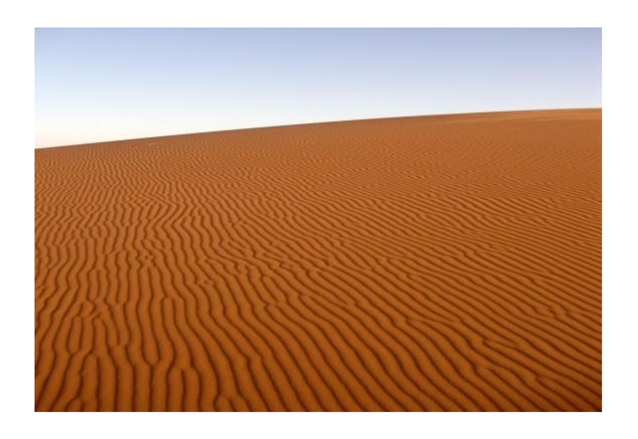
أولاً : التراكيب الأولية ***Primary Structure***

التراكيب الأولية هي التراكيب الجيولوجية التي يتم الحصول عليها أثناء عملية الترسيب وتكون الصخر ، وتمثل هذه التراكيب الظروف المحلية للبيئة التي تكونت فيها الصخور ، ومن أشهر أمثلة التراكيب الأولية :-

1. **التشققات الطينية *Mud Cracks* : عبارة عن جفاف ناتج عن تساقط أشعة الشمس علي الصخر الطيني ومع مرور الوقت يفقد الطين الماء الموجود به ثم يحدث تشققات في الصخر الطيني.**



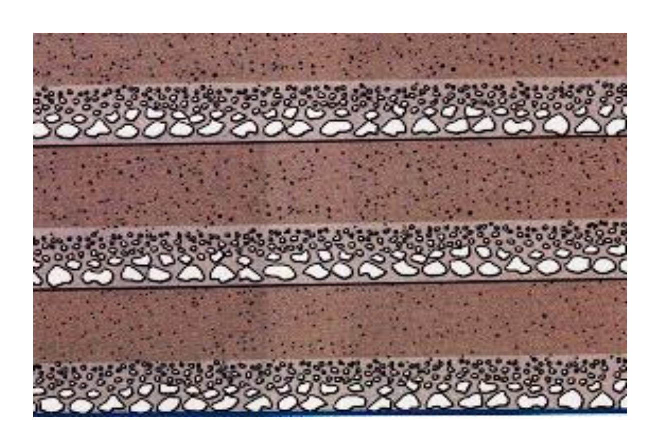
2. **علامات النيم *Ripple Marks* : عبارة عن تموجات صغيرة علي سطح الطبقة العلوية تنشأ بفعل الرياح أو التيارات الشاطئية أو الأمواج ، وعلامات النيم لها أهمية تاريخية كبيرة جداً حيث نستدل منها علي معرفة أتجاهات الرياح والمجاري المائية القديمة.**



3. الطبقات المتقاطعة ***Cross Bedding*** : في بعض الحالات تبدو الطبقات علي شكل رقائق مائلة بالنسبة لمستويات التطبق الرئيسية ، وينشأ مثل هذا التركيب بفعل التيارات المائية أو الهوائية.



4. التدرج الطبقي ***Graded Bedding*** : عبارة عن تغير في حجم الحبيبات داخل الطبقة الرسوبية الواحدة تدريجياً من الخشن عند أسفل الطبقة إلي الدقيق الناعم في أعلاها ، ويستدل من هذا التركيب علي معرفة ما إذا كانت الطبقة في الوضع العادي أم أنها أنقلبت.



ثانياً : التراكيب الثانوية *Secondary Structure*

التراكيب الثانوية هي التراكيب الجيولوجية التي تتكون في الصخور النارية أو الرسوبية أو المتحولة بعد تكون الصخر ، ومن أشهر أمثلة هذه التراكيب هي الطيات والفوالق والفواصل وأسطح عدم التوافق.

الطيات *Folds* ◄ **عبارة عن إنثناء أو التواء يصيب صخور القشرة الأرضية خاصة الصخور الرسوبية ، ويحدث هذا الآلتواء نتيجة قوي ضغط جانبي في الصخور ، وتعتبر الطيات ذات أهمية كبيرة جداً حيث تستخدم كمصائد البترول والغاز الطبيعي والمياه الجوفية ويمكن أيضاً من خلال الطيات تحديد العلاقة الزمنية بين الصخور من حيث الأقدم والأحدث.**

العناصر التركيبية للطية

1. المستوي المحوري ***Axial Plane*** : عبارة عن مستوى وهمي يقسم الطية إلي شقين أو جناحين.
2. محور الطية ***Axis*** : ينتج عن تقاطع المستوي المحوري مع سطح الطبقة.
3. جناح الطية ***Limb*** : وهو ينقسم إلي جناح أيمن وجناح أيسر.

أنواع الطيات

1. الطية المحدبة ***Anticline Fold*** : يتم فيها طي الطبقات إلي أعلي ، وأعلي منطقة فيها تسمي قمة الطية.
2. الطية المقعرة ***Syncline Fold*** : يتم فيها طي الطبقات إلي أسفل ، وأكثر منطقة إنخفاضاً فيها تسمي قاع الطية.
3. الطية أحادية الميل ***Monoclinic*** : وفيها تميل الطبقات في أتجاه ميل واحد.





4. الطية القائمة (طية متماثلة ***Symmetrical Fold***) : وفيها يميل طرفي الطية بزوايا متساوية بسبب الضغط الجانبي المتساوي علي الطرفين ، وبالتالي يكون المستوي المحوري راسي.
5. الطية المائلة (طية غير متماثلة ***Asymmetrical Fold***) : وفيها يميل طرفي الطية بزوايا غير متساوية بسبب الضغط الجانبي الغير متساوي علي الطرفين ، وبالتالي يكون المستوي المحوري مائل.
6. الطية المقلوبة ***Overturned*** : وفيها يزداد ميل طرفي الطية بسبب ضغط جانبي كبير حتي يصبح طرفي الطية مائلان في نفس الإتجاه ، وبالتالي يكون ميل المستوي المحوري كبير جداً.
7. الطية الراقدة ***Recumbent*** : وفيها يكون المستوي المحوري تقريباً في وضع أفقي.





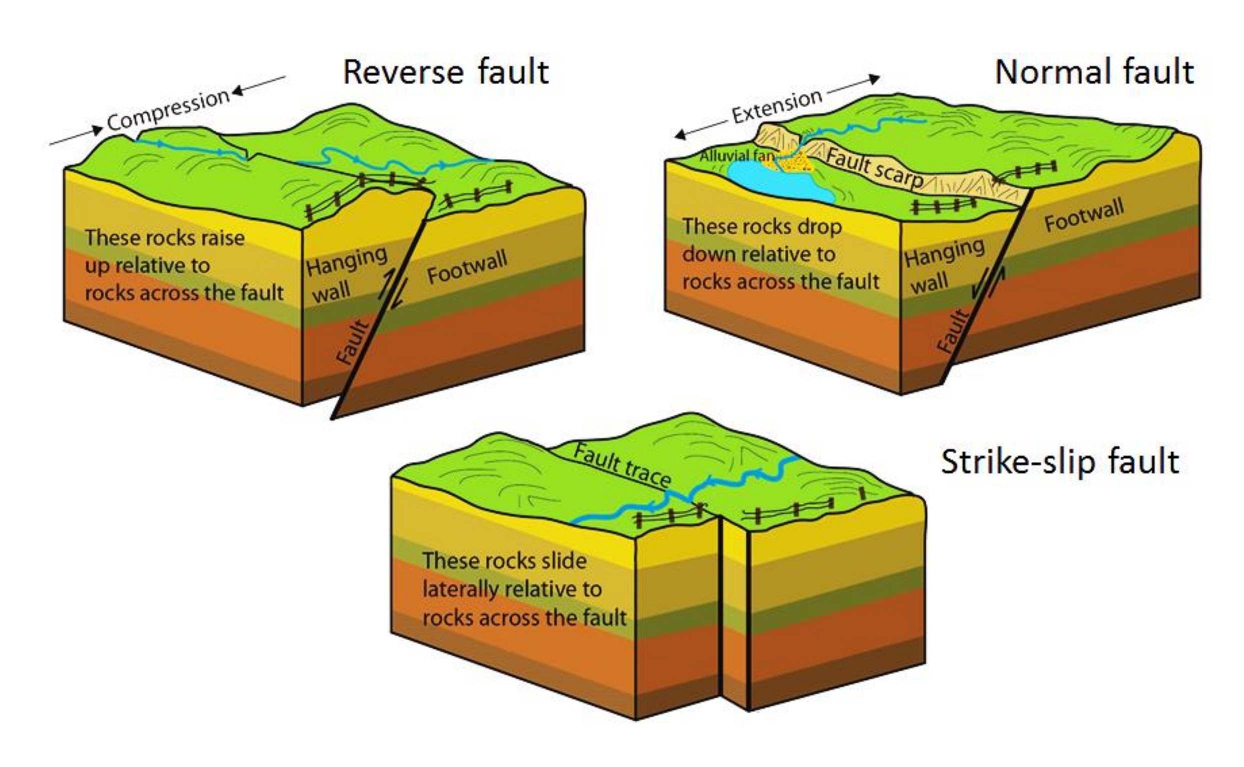
الفوالق *Faults* ◄ عبارة عن كسر في صخور القشرة الأرضية ، ويصاحب هذا الكسر حركة في طبقات الصخور لأعلي أو لأسفل علي جانبي الكسر ، والفوالق تشبه الطيات في أهميتها كمصائد للبترول والغاز الطبيعي والمياه الجوفية.

العناصر التركيبية للفالق

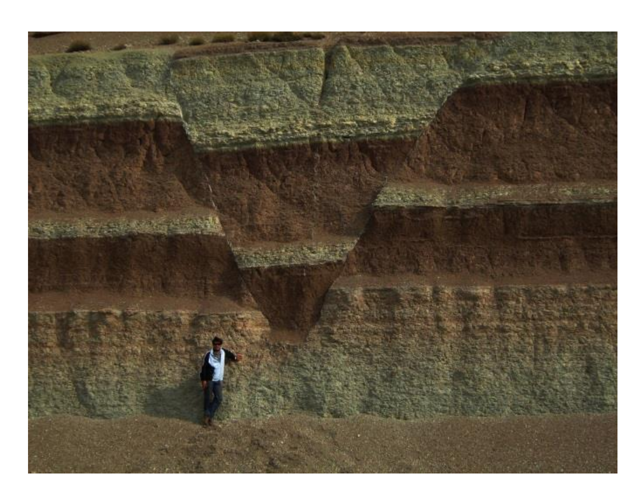
1. مستوي الفالق ***Fault Plane***.
2. صخور الحائط العلوي ***Hanging Wall***.
3. صخور الحائط السفلي ***Foot Wall***.
4. أنزلاق الميل ***Dip Slip*** : وهي المسافة التي تتركها الطبقة في إتجاه ميل الفالق وتقاس علي مستوى الفالق نفسه.
5. أنزلاق الامتداد ***Strike Slip*** : وهي المسافة التي تتركها الطبقة في إتجاه الفالق وتقاس علي مستوى الفالق نفسه.
6. رمية الفالق ***Throw*** : وهي المسافة الراسية بين وضع الطبقة قبل إنفلاقها وبين وضعها بعد أنزلاقها ، وإذا تحركت الكتلة إلي أسفل في جهة معينة ، فإن الجهة التي هبطت تعتبر رمية سفلية بالنسبة للجهة الأخري ، والآخيرة تعتبر رمية عليا بالنسبة للجهة التي هبطت.

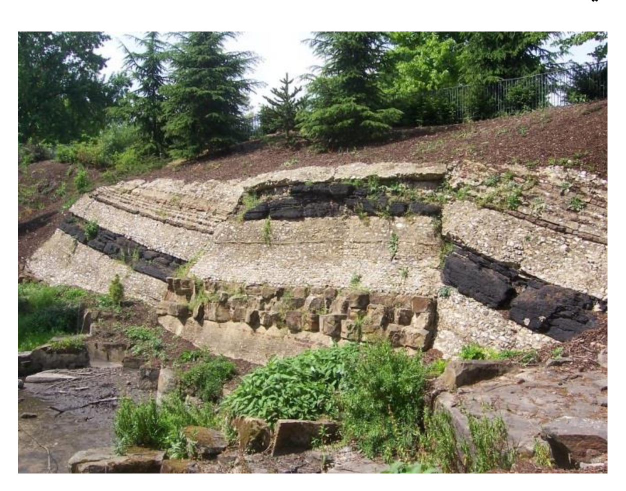
أشهر أنواع الفوالق

1. الفالق العادي ***Normal Fault*** : وفيه تكون صخور الحائط العلوي أسفل صخور الحائط السفلي ، وينشأ هذا النوع من الفوالق نتيجة قوي شد (***Extension Force***) مما يؤدي إلي أتساع القشرة الأرضية.
2. الفالق المعكوس ***Reverse Fault*** : وفيه تكون صخور الحائط العلوي أعلي صخور الحائط السفلي ، وينشأ هذا النوع من الفوالق نتيجة قوي ضغط جانبي (***Compression Force***) مما يؤدي إلي إنكماش القشرة الأرضية.
3. فالق ذو أنزلاق موازي لامتداده ***Strike Slip Fault***.
4. فالق ذو أنزلاق موازي لميله ***Dip Slip Fault***.



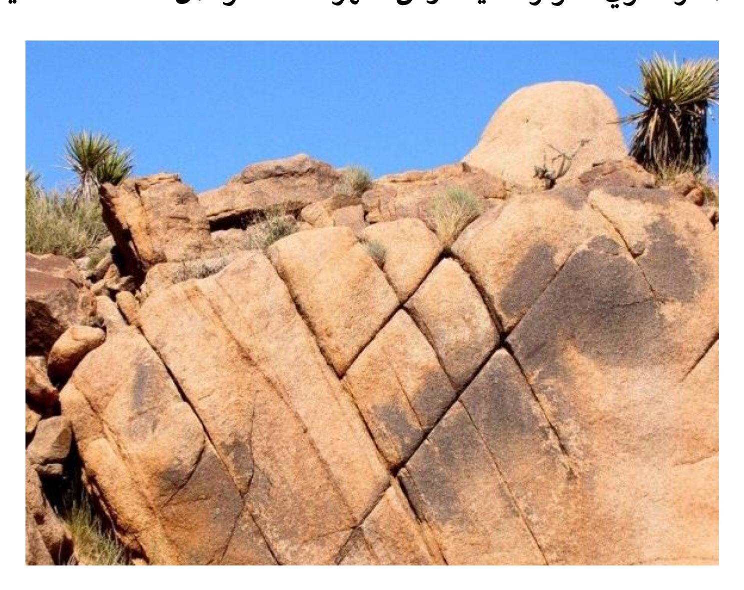
5. الفوالق الحوضية (خسفي / أخدودي) ***Graben Faults*** : عبارة عن مجموعة تتكون من فالقين يحصران فيما بينهما منطقة تهبط فيها الطبقات بالنسبة للناحيتين الخارجتين للفوالق ، أي أن المنطقة الوسطي هي رمية سفلية لكلا الفالقين.
6. الفوالق البارزة ***Horst Faults*** : عبارة عن مجموعة تتكون من فالقين يحصران فيما بينهما منطقة ترفع فيها الطبقات بالنسبة للناحيتين الخارجتين للفوالق ، أي أن المنطقة الوسطي هي رمية عليا لكلا الفالقين.





7. الفوالق السلمية ***Step Faults*** : عبارة عن مجموعة من الفوالق متصلة مع بعضها البعض علي هيئة سلم.
8. فالق ذو حركة جانبية ***Wrench Fault*** : عبارة عن كسر الطبقات وحركتها ولكن بشكل جانبي أو أفقي ، ولذلك هذا النوع من الفوالق يصعب فيه تمييز صخور الحائط العلوي عن صخور الحائط السفلي.

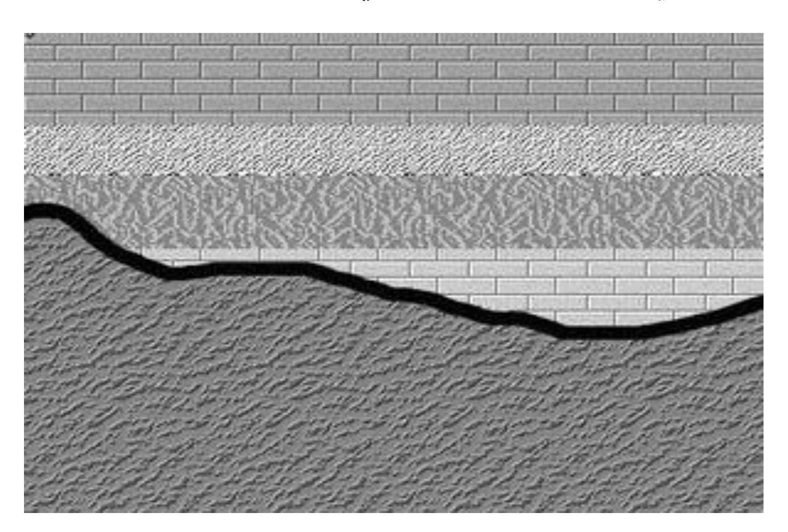
الفواصل *Joints* ◄ عبارة عن كسر في صخور القشرة الأرضية ولا يصاحب هذا الكسر حركة في الصخور وهذا عكس الفوالق التي يصاحبها حركة في الصخور علي جانبي الكسر ، والمسافة بين كل فاصل وأخر عدة سنتمترات أو عشرات الأمتار ، ويتوقف ذلك علي نوع وسمك الصخر وأستجابة الصخر للقوي المؤثرة عليه ، ومن أشهر أمثلة الفواصل التشققات الطينية.



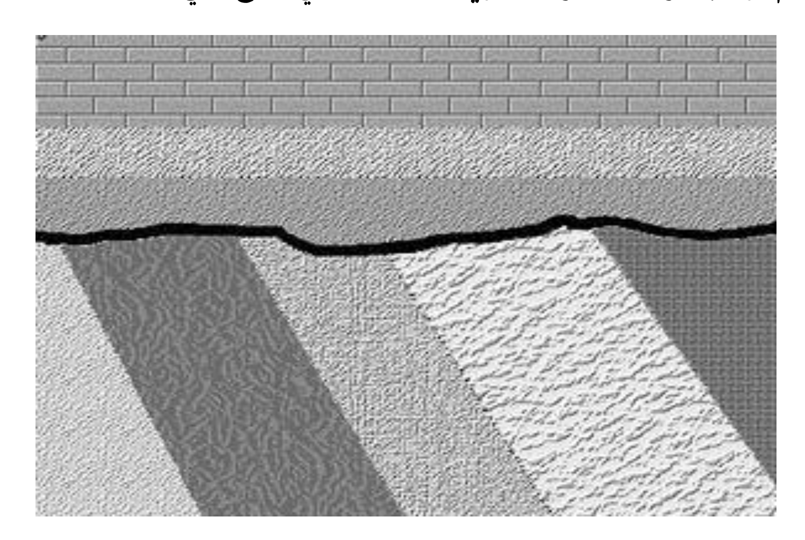
أسطح عدم التوافق ***Unconformity Surfaces***

قد عرفنا أن الصخور الرسوبية تترسب علي هيئة طبقات أفقية متعاقبة كما أن الحديث منها يقع فوق الأقدم عمراً ، ويتم ذلك نتيجة ترسيب مستمر منتظم وتوصف هذه الطبقات بأنها (متوافقة) ، ولكن إذا أضطرت الظروف الجيولوجية إلي إنقطاع الترسيب لفترة من الزمن فإن هذا يؤدي إلي إفتقاد التتابع الطبقي بما يحتويه من سجل جيولوجي ويطلق علي هذا التتابع بأنه (عدم توافق) ومن هنا يمكن تعريف سطح عدم التوافق بأنه عبارة عن سطح تعرية أو عدم ترسيب واضح ومميز يفصل بين مجموعتين من الصخور ويتكون نتيجة أنقطاع عملية الترسيب فترة من الزمن ، ومن أشهر أنواع أسطح عدم التوافق ما يلي :-

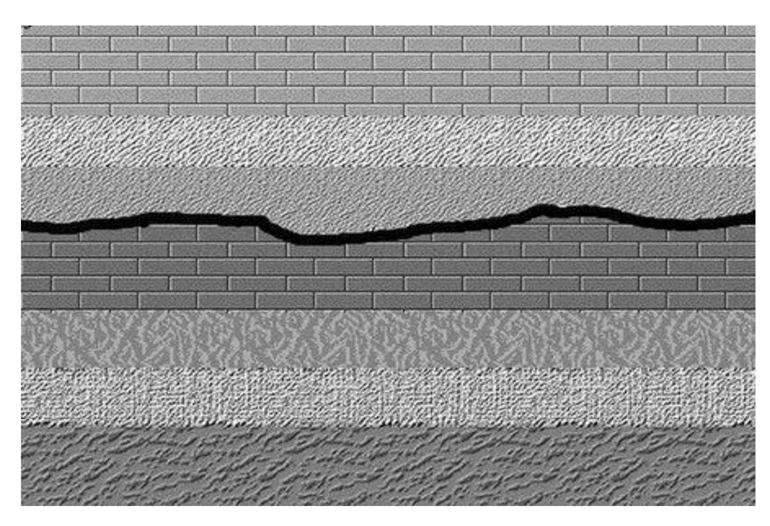
1. **سطح عدم التوافق المتباين *Nonconformity Surface* : عبارة عن سطح عدم توافق يفصل بين مجموعتين مختلفتين من الصخور أحدهما صخور نارية أو صخور متحولة والاخري صخور رسوبية.**



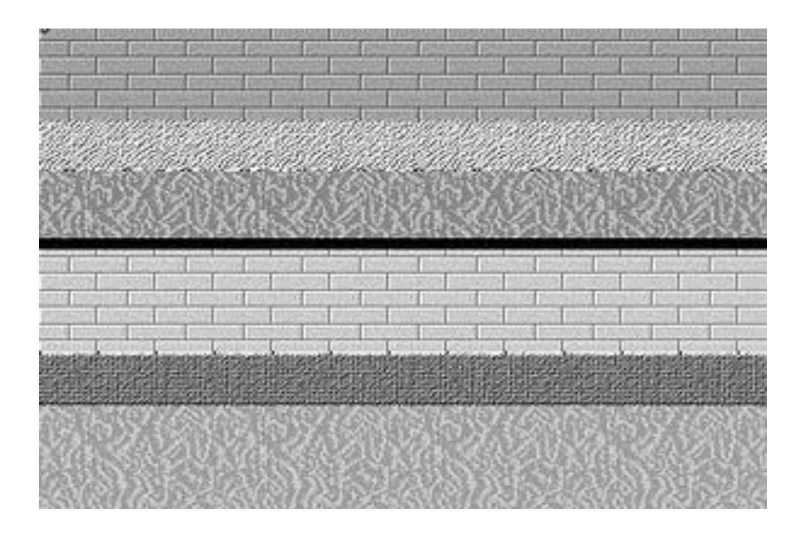
2. **سطح عدم التوافق الزاوي *Angular Unconformity* : عبارة عن سطح عدم توافق يفصل بين مجموعتين من الصخور الرسوبية مختلفين في ميل الطبقات ، حيث ترسبت مجموعة من الطبقات في وضع أفقي ثم حدثت حركات تكتونية أدت إلي إمالة الطبقات ، ثم ترسب فوقها مجموعة أخري من الطبقات في وضع أفقي.**



3. **سطح عدم التوافق الإنقطاعى *<u>Disconformity</u>* : عبارة عن سطح عدم توافق متعرجاً يفصل بين مجموعتين من الصخور الرسوبية كلاهما في وضع أفقي أو لهما نفس درجة الميل في نفس الإتجاه ، وفي هذا النوع من أنواع أسطح عدم التوافق ترسبت مجموعة من الطبقات (وليكن مثلاً 5 طبقات) في وضع أفقي ثم توقف الترسيب فترة من الزمن فأدي ذلك إلي تاكل الطبقات العلوية بسبب عوامل التعرية (وهي الطبقات رقم 5 و 4) ونتيجة هذا التاكل والتكسير يوجد فوق سطح الطبقة رقم (3) قطع من الحصي المستدير " الكنجولوميرات " ، ثم ترسبت مجموعة من الطبقات الرسوبية في وضع يشبه وضع المجموعة السفلية لها.**



4. **شبه التوافق *<u>Para conformity</u>* : يصعب علي الجيولوجي تمييز هذا النوع من أسطح عدم التوافق في الحقل بمجرد النظر إليه ، ولكن يمكن تميزه بواسطة دراسة وفحص المحتوي الآحفوري الموجود في كل طبقة ؛ لأن طبقاً لعلم الحفريات يدرس في كل زمن جيولوجي كل الحفريات الموجوده به ، ومن خلال فحص الحفرية الدقيقة تحت الميكروسكوب نستطيع أن نعرف الزمن الجيولوجي التابع لها.**



الباب السابع

الكوراث الطبيعية

الكوارث الطبيعية عبارة عن دمار شامل يحدث فجأة من دون سبق معرفة أو تنبأ بحدوثه ، والكوارث الطبيعية حدث من الآحداث التي تحدث دون تدخل الإنسان وأنما بسبب قوة الطبيعة ، وتعد الكوارث الطبيعية من أكبر المخاطر التي تهدد البشرية ومن الممكن أن يتسبب أي زلزال أو فيضان في تأثير مأساوي علي حياة الآلاف من الناس في غضون دقائق ، كما أن الخسائر الناتجة عن الكوارث الطبيعية تجعلنا في حاجة للتعرف علي كيفية الإستعداد لمواجهتها والتقليل من آثارها ، ويمكن تصنيف الكوراث الطبيعية إلي عدة أصناف مختلفة :-

1. مخاطر جيولوجية وتشمل الزلازل والأنفجارات البركانية والفيضانات والأنزلاقات الأرضية.
2. مخاطر الغلاف الجوي وتشمل الرياح والجفاف والعواصف والأعاصير والبرق.
3. مخاطر طبيعية أخري : وهذه المخاطر تحدث طبيعياً ، ولكن لا تقع ضمن الصنفين المذكورين أعلاه ، وتشمل غزو الحشرات والأمراض المعدية أو الوبائية والحرائق الهائلة.

البراكين Volcanoes

تعتبر البراكين ظاهرة من الظواهر الطبيعية ، وهي عبارة عن تلال أو جبال تتراوح في الارتفاع بين مائة متراً وآلاف الأمتار ، كبركان أتنا بجزيرة صقلية الذي يصل ارتفاعه إلي 3500 متراً فوق سطح الأرض ، والبركان ما هو إلا مخرج تمر من خلاله المواد المنصهرة والغازات المحبوسة من باطن الأرض إلي سطحها.

يتكون البركان من ثلاث أجزاء رئيسية :-

1. الفوهة ***Crater*** : وهي عبارة عن الفتحة العلوية التي تخرج منها الصهارة والغازات الساخنة وشظايا الصخور وأيضاً الرماد البركاني ، ويتفاوت إتساع الفوهة من عدة أمتار إلي مئات الأمتار ، وليس من الضروري أن يكون للبركان فوهة واحدة بل قد توجد علي جوانبه عدة فوهات ثانوية.
2. القصبة أو المدخنة أو عنق البركان ***Neck*** : وهي عبارة عن تجويف أسطواني يمتد من جوف الأرض إلي قاع فوهة البركان ، ومن خلال عنق البركان تمر الصهارة أثناء صعودها إلي سطح الأرض.
3. المخروط البركاني ***Cone*** : وهو الذى يتكون منه جسم البركان ويتكون في الغالب من المواد المنصهرة والرماد البركاني بعد تراكمها حول الفوهة.

أسباب حدوث البراكين

عندما ترتفع درجة الحرارة لدرجة أنصهار الصخور في طبقة الأرض السفلي عند غرفة الصهير ، تتصاعد الصهارة إلي أعلي كلما وجدت مكاناً لها حتي تتجمع في تجويفات أرضية تحت القشرة الأرضية مباشرة وبزيادة الضغط علي المناطق الضعيفة يحدث شقوق في القشرة الأرضية فتندفع الصهارة من خلال هذه الشقوق وتخرج إلي سطح الأرض.

نواتج البراكين

1. **مواد صلبة ◄** أثناء الثوران البركانى ***Volcanic Eruption*** يقذف البركان مقذوفات صلبة أو مقذوفات سائلة ، والمقذوفات الصلبة قد تكون عبارة عن قطع صخرية ذات زوايا حادة يطلق عليها البريشيا البركانية ، وقد تكون عبارة عن فتات دقيق جداً مثل الرماد البركاني ، وهذا الرماد يساعد علي خصوبة التربة الزراعية والتي بدورها أنتجت الغذاء الوفير.
2. **مواد سائلة ◄** وهناك أيضاً ما يقذفه البركان من مواد سائلة وهي عبارة عن اللافا أو الحمم البركانية التي صعدت إلي سطح الأرض عن طريق فوهات البراكين وتنتشر علي جوانب البركان حيث تقل سرعتها تدريجياً حتي تقف تماماً ، وتختلف درجة سيولة اللافا بإختلاف تركيبها الكيميائى ، فاللابا القاعدية أكثر سيولة عن اللابا الحامضية ؛ لأن اللابا الحامضية غنية بثانى أكسيد السيليكون الذي يتصلب بسرعة عند ملامسته للهواء ، وقد تنتشر اللافا فى مساحات كبيرة أو تتراكم ليصل سمكها إلي مئات الامتار ويتشكل سطحها بأشكال عديدة بعضها يأخذ شكل الحبال أو شكل الوسائد.
3. **الغازات البركانية ◄** بالإضافة إلي ما يخرج من البركان من مواد صلبة وسائلة ، فهناك أيضاً الأبخرة والغازات التي تنبعث من البراكين عند بدء ثورانها أو فى وقت سكونها ، وتحظي الغازات البركانية وطرق تكوينها أهمية خاصة ؛ حيث يعتقد أنها هي التي كونت مياه البحار والمحيطات وغازات الغلاف الجوي خلال الزمن الجيولوجي ، ووجد أن بخار الماء هو المكون الرئيسي للغاز البركانى حيث يمثل (70 : 95 %) من مكوناته ، يليه ثانى أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت ، بالإضافة إلي كميات ضئيلة من النيتروجين والهيدروجين وأول أكسيد الكربون والكبريت والكلور ، وتتراوح حرارة الغازات البركانية بين 100- 500 درجة مئوية ، وقد يكون لها تأثير مهلك علي ما حولها من مدن عندما تهبط عليها فى صورة سحب أو ضباب.

تصنف البراكين حسب نشاطها إلي عدة أنواع ومن أهمها ما يلي :-

1. البراكين النشطة : هي البراكين التي يتم ثوارنها بإنتظام ويمكن توقع إنفجارها مستقبلاً.
2. البراكين الساكنة : هي براكين خاملة تقول بوجود نشاط بركاني تم إنفجاره سابقاً ولكن قبل فترة التسجيل ، ويمثل هذا النوع من البراكين خطورة كبيرة علي السكان المحيطة به لإحتمالية إعادة نشاط البركان مرة أخرى.
3. البراكين الخامدة : هي براكين قامت بالثوران سابقاً ووجود نسبة كبيرة لنشاطها مرة أخري ولكن علي فترات متباعدة بين كل نشاط بركاني والآخر.
4. البراكين المنقرضة : تعد من البراكين آلتي لا تقوم بأي ثوران بركاني علي مر التاريخ ، ويعد هذا النوع من البراكين من أقل الأنواع خطورة مقارنة بأنواع البراكين الأخري.

الآثار السلبية للبراكين

تتسبب البراكين في إنفجارات بركانية شديدة والتي بدورها تشكل تهديداً خطيراً علي الصحة ، فهي تؤدي إلي الفتك بالناس وتدمير العمران وتهجير السكان من بيوتهم ، بالإضافة إلي الحروق والحوادث التي قد تحدث نتيجة الظروف الضبابية التي يسببها الرماد المنبعث من الإنفجار البركاني.

الآثار الإيجابية للبراكين

علي الرغم من الأذي الكبير الذي تسببه البراكين عند إنفجارها العنيف ، لكن من الممكن أن يؤثر إنفجار البراكين بشكل إيجابي علي البيئة والأرض ، ومن أهم الآثار الإيجابية للبراكين ما يلى :-

1. إن المواد البركانية غنية بالمعادن المفيدة للصناعة والزراعة مثل البوتاسيوم والحديد والكبريت ، ومن المعلوم أن الرماد البركاني يساعد علي خصوبة التربة الزراعية والتي بدورها أنتجت الغذاء الوفير.
2. تعد البراكين مصدر لتكوين بعض المعادن ذات القيمة الإقتصادية مثل الذهب والفضة والنحاس.
3. مسئولة عن تكوين الصخور النارية التي تكونت نتيجة تبريد الصهارة والتي يتكون منها باقي صخور القشرة الأرضية.

Earthquakes الزلازل

تعتبر الزلازل ظاهرة من الظواهر الطبيعية ، وهي عبارة عن طاقة محبوسة في باطن الأرض تخرج علي هيئة هزات أرضية سريعة متلاحقة تنتاب القشرة الأرضية علي فترات زمنية متقطعة ، وتحدث الزلازل في مناطق زلزالية معروفة تعرف بالأحزمة الزلزالية وجدير بالذكر أن مصر لا تقع ضمن بالأحزمة الزلزالية ، وقد تكون الهزات الأرضية خفيفة جداً وغير ملموسة لا يشعر بها الإنسان وقد تكون شديدة تؤدي إلي هدم البيوت وقطع الطرق وإحداث الحرائق ... الخ.

أمثلة علي الزلازل

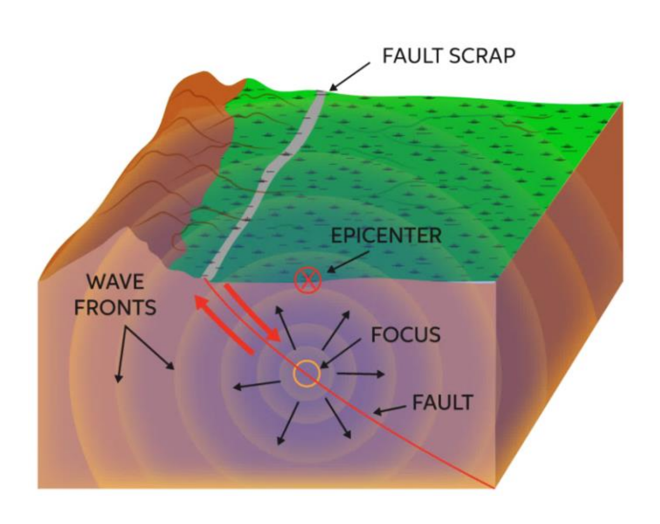
زلزال مصر عام 1992 م الذي أدي إلي تدمير الآلاف من المباني وموت حوالي 600 شخص ، وزلزال تسونامي عام 2004 م الذي حدث في المحيط الهندي وأدي إلي قتل عشرات الآلاف من الأشخاص في الدول المحيطة بهذا المحيط مثل الفلبين وإندونيسيا والهند ، وأيضاً زلزال اليابان عام 2011 م ، وأخيراً زلزال تركيا وسوريا الذي حدث هذا العام 2023.

أسباب حدوث الزلازل

السبب الأول هو البراكين : قد يصاحب ثوران البركان هزات أرضية تؤثر في المناطق المحيطة ؛ وذلك نتيجة لحركة المواد المنصهرة والغازات المحبوسة قبل وأثناء خروجها لسطح الأرض ، ويطلق علي هذا النوع من الزلازل إسم **الزلازل البركانية** ، وليس معني ذلك بالطبع إن كل نشاط بركاني يصاحبه زلزال.

السبب الثاني هو أنفلاق فى طبقات القشرة الأرضية ، أي أن حدوث الزلازل يرتبط بحدوث أنكسار مفاجئ في الصخور التي توجد تحت الأرض نتيجة تعرضها لقوي شد أو ضغط مما يؤدي إلي حدوث تصدع مما يكون سبب في خروج الكثير من الطاقة ، وخروج الكثير من الطاقة يكون سبب في حدوث موجات زلزالية التي تكون سبب في حدوث الهزات الأرضية ، ويطلق علي هذا النوع من الزلازل أسم **الزلازل التكتونية** ، ويطلق علي المنطقة التي توجد أسفل الأرض عند حدوث هذا الأنكسار إسم بؤرة الزلزال ***Focus*** وهي تمثل النقطة التي تبدا عندها حركة الصدع وأنزلاق الكتلتين علي جانبي الصدع ، وتسمى النقطة التي تقع فوق البؤرة الزلزالية مباشرة ولكن فوق سطح الأرض بالمركز السطحي للزلزال ***Epicenter*** ، ويكون الدمار عند المركز السطحي أكبر ما يمكن ويقل هذا الدمار تدريجياً كلما أبتعدنا عن المركز السطحى.

بالأضافة إلي الزلازل البركانية والزلازل التكتونية يوجد نوع أخر من الزلازل يطلق عليه إسم **الزلازل الأصطناعية أو الغير طبيعية** ، وهذا النوع من الزلازل ينتج من الأنشطة البشرية مثل إستخدام المواد المتفجرة للأغراض الصناعية والتفجيرات النووية وعمليات أستخراج المياه والنفط.



أنواع الزلازل حسب العمق

1. الزلازل السطحية *Shallow Earthquakes* : تنشأ علي أعماق تتراوح بين (0 - 70) كم تقريباً.
2. الزلازل المتوسطة *Intermediate Earthquakes* : تنشأ علي أعماق تتراوح بين (70 - 300) كم تقريباً.
3. الزلازل العميقة *Deep Earthquakes* : تنشأ علي أعماق كبيرة قد تصل إلي 700 كم تقريباً.

الموجات الزلزالية

يمكن متابعة الموجات الزلزالية ودرجاتها وأنواعها وصورها عن طريق جهاز السيزموجراف ، وهذا الجهاز هو المسؤول عن التنبؤ بالزلازل والقادر علي قراءة هذه الموجات لأن هذا الجهاز يقوم بعرض النتائج عن طريق خط متعرجاً ، ويسمى هذا الخط المتعرج بسجل الزلزال *Seismogram* ، كما أن جهاز السيزموجراف يقوم بالتفريق بين أنواع الموجات الزلزالية المختلفة عن طريق التعرف علي سرعة كل موجة وعمق تأثيرها وطريقة أندفاعها في الأوساط المختلفة ، وتوضع السيزموجرافات في كل مكان علي سطح الأرض وبمقارنة شدة وزمن وصول الموجات في أماكن مختلفة أستطاع العلماء أستنتاج معلومات قيمة عن باطن الأرض.

وتنقسم الموجات الزلزالية إلي نوعين أساسيين وهما :-

أولاً : الموجات الداخلية *Body Waves*

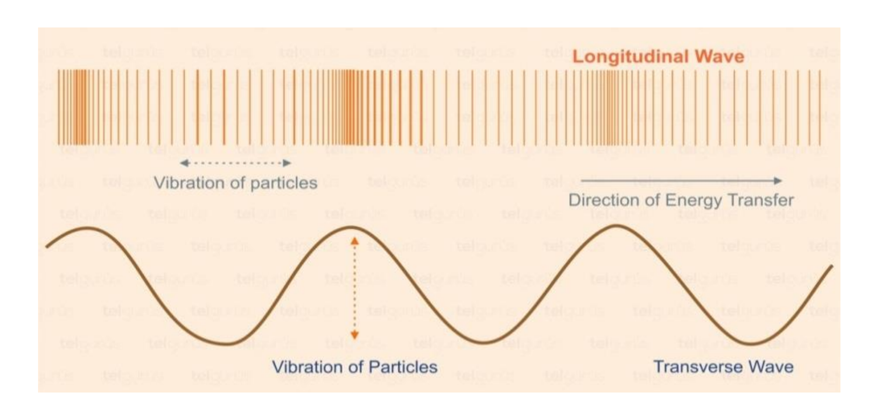
وهي الموجات التي تتولد عند بؤرة الزلزال وقت حدوثه ، وتتميز هذه الموجات بقدرتها علي الأنتشار في باطن الأرض بسرعات تختلف بإختلاف الوسط الذي تمر فيه ، وتنقسم الموجات الباطنية إلي نوعين مختلفين :-

1. الموجات الطولية / الموجات الأولية (P-Waves \ Primary Waves \ Longitudinal Waves)

هي الموجات التي تنتشر في الصخور علي هيئة تضاغطات وتخلخلات متتابعة مثلها مثل موجات الصوت في الهواء ، وتهتز فيها جزيئات الوسط (الصخور) في نفس إتجاه الموجة ، وهي أسرع الموجات الزلزالية وأكثرها انتشاراً ، وتتراوح سرعة هذه الموجات تقريباً بين (5.5 - 13.8) كم في الثانية ، وإذا قمت بمتابعة جهاز السيزموجراف ستجد أن الخط يتعرج بسرعة شديدة بسبب تأثير الموجات التضاغطية علي الجهاز ، وكلما تعمقنا أكثر في باطن الأرض كلما أزدادت سرعتها بصورة ملحوظة وكان تأثيرها أقوي وأكثر عنفاً ، وتسير هذه الموجات في جميع الأوساط سواء كان الوسط السائل في قاع المحيطات أو في الوسط الصلب في الأرض ، ولآحظ العلماء إن هذه الموجات يمكن أن تنتقل أيضاً في الأوساط الغازية.

2. الموجات المستعرضة / الموجات الثانوية (S-Waves \ Secondary Waves \ Transversal Waves)

هي الموجات التي تنتشر في الصخور علي هيئة قمم وقيعان مثلها مثل موجات الضوء ، وتهتز فيها جزيئات الوسط في أتجاه عمودي علي إتجاه إنتشار الموجة ولذلك سميت بالموجات المستعرضة ، وسرعتها أقل من سرعة الموجات الطولية في الوسط نفسه ولهذا فهي تصل دائماً وفي كل الحالات بعد الموجات الطولية ، وتتراوح سرعة هذه الموجات تقريباً بين (3.2 - 7.4) كم في الثانية ، وتسير هذه الموجات في الأوساط الصلبة فقط ولا تنتشر في الأوساط السائلة والغازية.



ثانياً : الموجات السطحية *Surface Waves*

هي موجات معقدة تنتشر علي الطبقات السطحية للأرض بعد وصول الموجات الباطنية إلي سطح الأرض ، وبذلك تعتبر الموجات السطحية هي آخر الموجات الزلزالية حدوثاً ، وتنتشر الموجات السطحية علي سطح الأرض علي هيئة موجات مستعرضة تسبب أهتزاز القشرة الأرضية.

شدة وقدر الزلازل

إن تحديد موقع الزلزال هو أول خطوة لفهم الزلازل ، ولكن لآبد أن يحدد علماء الزلازل قوة الزلزال ، ويتم هذا التحديد بطريقتين أما عن طريق شدة الزلازل وأما عن طريق قدر الزلازل ، وتمدنا كل من هاتين الطريقتين بنتائج هامة عن الزلازل وتأثيرها حيث أمكن إستخدام هذه المعلومات عن الزلازل في دراسة ومحاولة توقع زلازل مستقبلية.

أولاً : شدة الزلازل *Intensity*

عبارة عن قياس نوعي ووصفي للدمار الناشئ عن زلزال ما ومقدار الضرر البشري والمادي الذي يتركه هذا الزلزال ، وأكثر المقاييس إستخداماً لقياس شدة الزلزال هو مقياس ميركالي ، وقد وضع العالم ميركالي سلماً يتكون من 12 درجة لتصنيف شدة الزلازل ، ويُعبر عن شدة الزلازل حسب مقياس ميركالي بالأرقام اللاتينية متدرجة تصاعدياً بدءاً من الزلازل التي لا يشعر بها الإنسان إلي الزلازل التي تسبب دمار شامل علي النحو الآتي : XII، XI، X، IX، IIIV، IIV، IV، V، VI، III، II، I.

ثانياً : قدر الزلازل *Magnitude*

عبارة عن قياس كمي لمقدار الطاقة المنطلقة من زلزال ما ، وأكثر المقاييس إستخداماً لقياس قدر الزلزال هو مقياس ريختر ، وهذا المقياس أكثر دقة من مقياس ميركالي ، وقد وضع العالم ريختر سلماً يتكون من 10 درجات لتصنيف قدر الزلازل بدءاً من الزلازل التي لا يشعر بها الإنسان إلي الزلازل التي تسبب دمار شامل.

الحركات الأرضية

دلت الدراسات المختلفة علي أن القشرة الأرضية غير ثابتة ويحدث بها حركات مختلفة يظهر أثرها علي مر السنين ، ومن أمثلة ذلك إرتفاع أجزاء من القارات بمقدار يتروح بين أقدام قليلة ومئات الأقدام ، ومن أهم أسباب هذه الحركات الأرضية إنكماش الأرض وتجمد طبقاتها نتيجة لذلك مما يعرضها لجهد كبير تتخلص منه الأرض بالحركات المختلفة ، ومن الحركات الأرضية ما هو سريع ومفاجئ مثل الزلازل ، ومنها ما هو طويل المدي ولا يشعر به الإنسان مثل الحركات البانية للقارات والحركات البانية للجبال.

" والحركات الأرضية عبارة عن عمليات رفع أو خسف تحدث في مناطق القشرة الأرضية "

عمليات الرفع عبارة عن إرتفاع للمناطق الأكثر إنخفاضاً مما يؤدي إلي زيادة مساحة اليابس ونقص مساحة المسطح المائي ، بينما عمليات الخسف عبارة عن إنخفاض للمناطق المرتفعة علي سطح الأرض مما يؤدي إلي نقص مساحة اليابس وزيادة مساحة المسطح المائي ، ونتيجة عمليات الرفع والخسف يحدث تغير في نمط الحياة التي سادت وأزدهرت أي تغير ظروف المعيشة للكائنات البرية والبحرية.

أنواع الحركات الأرضية

أولاً : الحركات البانية للقارات

عبارة عن حركات بطيئة رأسية تستمر لآزمنة جيولوجية متتالية وتؤثر علي أجزاء كبيرة من القارة أو قاع البحر مما تؤدي إلي إرتفاع أو خسف الصخور الرسوبية دون أن تتعرض لأى تشوه بالطي العنيف أو بالتصدع وأنما تظهر الطبقات علي هيئة طبقات أفقية ، وترجع أهمية هذه الحركات في أنها تلعب دوراً هاماً في توزيع القارات والمحيطات خلال الأزمنة الجيولوجية.

ومن أمثلة هذه الحركات نشاة الاخدود العظيم لنهر كلورادو بأمريكا الشمالية ، حيث تظهر الرواسب البحرية علي جداري الآخدود علي إرتفاع 1580 متر فوق سطح الأرض في شكل أفقي كما كانت علي حالتها وقت الترسيب ، وهذا يعني أن مساحة كبيرة من سطح الأرض إرتفعت بقدر كبير دون أن تتعرض لأى تشوه خلال عملية الرفع التي إستمرت بشكل بطئ وتدريجي لفترة زمنية طويلة.

ثانياً : الحركات البانية للجبال

عبارة عن حركات أفقية وسريعة نسبياً تؤثر علي شكل الطبقات حيث تتعرض الطبقات لعمليات الطي والخسف الشديد بواسطة فوالق ذات ميول قليلة تسبب الازاحة الجانبية لعدة كيلومترات ، كما إن هذه الحركات تؤدي إلي تراكم الرواسب فوق بعضها البعض علي نطق ضيقة لتشغل حيزاً محدود بدلاً من إنبساطها علي مساحات شاسعة ، وينتج عن هذه الحركات سلاسل من الجبال ذات أمتداد كبير.

ومن أمثلة هذه الحركات هو تكون سلاسل جبلية فى مصر تمتد من قبة المغارة بشمال سيناء حتي الواحات البحرية بالصحراء الغربية مروراً بمناطق شبراويت وأبو رواش فيما يعرف بنظام القوس السوري.

النظريات التي ساعدت علي فهم تكتونية الأرض

هناك العديد من النظريات التي أفترضت علي مر السنين وكان هدف كل واحدة منها تفسير الحركات التي أدت إلي وجود الأرض في صورتها الحالية ، وبقراءة عامة في هذه النظريات نجد إنها تبني علي أحد أفتراضين :-

الإفتراض الأول : النموذج الثابت لوضع الأرض بما عليها من قارات ومحيطات وجبال وسهول ، وأعتمد هذا الإفتراض علي الحركات الراسية كمصدر أساسي للتغير في شكل الأرض وعلي هذا الإفتراض قامت نظرية القيعان العظمي ***Geosynclinal Theory***.

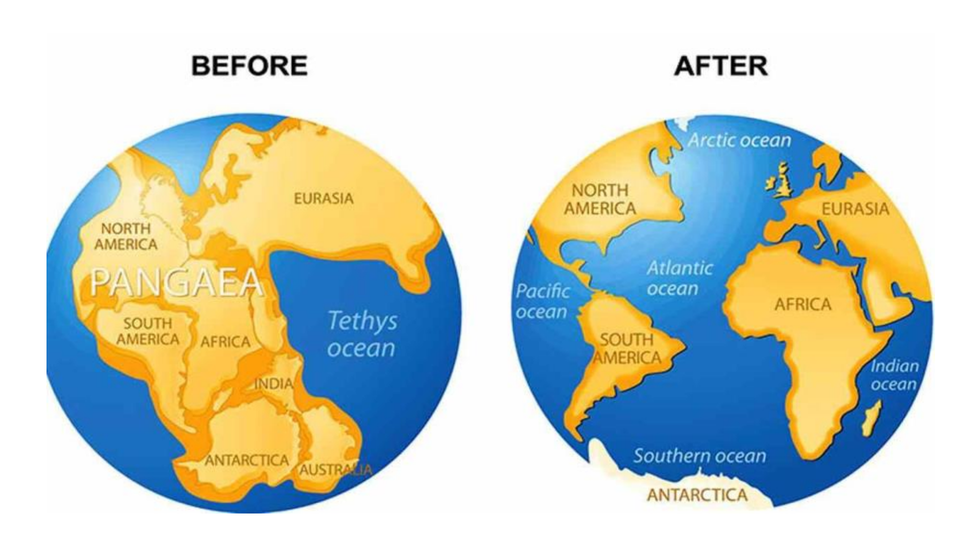
الإفتراض الثاني : النموذج المتحرك لوضع الأرض وبدأ منذ أن أستطاع الإنسان روية التشابه الشديد بين السواحل الغربية لقارة أفريقيا والسواحل الشرقية لقارة أمريكا الجنوبية ، وأعتمد هذا النموذج علي الحركات الأفقية كمصدر أساسي للتغير في شكل الأرض وعلي هذ الافتراض قامت نظرية الانجراف القاري أو الزحزحة القارية ونظرية إتساع قيعان المحيطات وتطورهما فيما يعرف الآن بنظرية الآلواح التكتونية.

نظرية الزحزحة القارية *Continental Drift Theory*

تطورت هذه النظرية عندما لآحظ عالم الأرصاد الجوية الفريد فيجنر التشابه الشديد بين تعرجات الساحل الغربي لقارة أفريقيا وأوروبا مع تعرجات الساحل الشرقي لقارة أمريكا الجنوبية وأمريكا الشمالية كما لو كانت قطعة واحدة وتفككت ، ولآحظ أيضاً التشابه بين صخور القارات المختلفة وبقايا الحياة القديمة بها ، وتفترض هذه النظرية أن جميع القارات كانت في الأصل عبارة عن كتلة واحدة عملاقة سميت بانجيا *Pangaea* ، وتتكون قارة بانجيا من صخور تتكون من السيليكون والألومنيوم وأختصرت إلي صخور السيال ، وتوجد صخور السيال فوق صخور تتكون من السيليكون والماغنسيوم وأختصرت إلي صخور السيما.

بدات قارة بانجيا في التفكك والإنفصال منذ نهاية العصر البرمي وحتي بداية حقبة الحياة المتوسطة إلي أن أخذت القارات وضعها الحالي خلال زمن البلستوسين ، وإنفصلت قارة بانجيا في بداية الآمر إلي قارتين كبيرتين وهما :-

1. **قارة لوراسيا وهي كانت النصف الشمالي من الكرة الأرضية ، ومع إستمرار عملية الإنفصال تفككت قارة لوراسيا إلي قارتين وهما أوراسيا وأمريكا الشمالية ثم بعد ذلك تفككت قارة أوراسيا إلي قارتين وهما أوروبا وآسيا.**
2. **قارة جندوانا وهي كانت النصف الجنوبي من الكرة الأرضية ، وتشمل قارة جندوانا القارات الآتية : أمريكا الجنوبية وأفريقيا وأستراليا والقارة القطبية الجنوبية.**



وقد فسر العالم الألماني الفريد فيجنر أن سبب هذا الإنفصال هو أن التيارات الناقلة للحرارة (تيارات الحمل) لها قدرة هائلة علي تجعد القشرة الأرضية وتصدعها مما أدي ذلك إلي أختلاف كبير في تضاريس الأرض خاصة علي حواف القارات الكبيرة مثل أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية وأفريقيا وأستراليا.

الشواهد المؤيدة لنظرية الإنجراف القاري

أولاً : المغناطيسية القديمة ◄ وهي عبارة عن مغناطيسية الصخور التي تحتوي علي معادن قابلة للمغنطة مثل أكاسيد الحديد والتي تتأثر بالمجال المغناطيسي للأرض أثناء تكون تلك الصخور.

زاوية ميل المجال المغناطيسي : بعض المعادن المغناطيسية في الصخور تتشابه في إتجاه وشدة المجال المغناطيسي عند تكوينها علي نفس دوائر العرض ، كما إنها تعطي شواهد علي سلوك المجال المغناطيسي للأرض في العصور المختلفة.

- ✍ **وبقياس إتجاه المجال المغناطيسي ودرجة ميله يمكن تعيين موقع القطب المغناطيسي للأرض وقت تكون الصخر.↲**

فالصخور التي تحتوي علي معادن مغناطيسية وتكونت علي دائرة الإستواء يكون ميلها المغناطيسي صفر لأن المجال المغناطيسي للأرض سيؤثر علي ترتيب أكاسيد الحديد الموجود في الصخر علي هيئة خطوط أفقية موازية لدائرة الإستواء ، بينما الصخور التي تحتوي علي معادن مغناطيسية وتكونت عند القطب الشمالي أو القطب الجنوبي يكون ميلها المغناطيسي 90 درجة لأن المجال المغناطيسي للأرض سيؤثر علي ترتيب أكاسيد الحديد الموجود في الصخر علي هيئة خطوط رأسية عمودية علي القطب الشمالي أو القطب الجنوبي.

ومما سبق يدل علي أن سلوك المجال المغناطيسي للأرض مختلف ، فعند دائرة الإستواء يتبع سلوك مغناطيسي يختلف عن السلوك المغناطيسي عند القطب الشمالي أو القطب الجنوبي ، ومن هنا قام العالم فيجنر بدراسة مغناطيسية الصخور عند القطب الشمالي والتي تم الإتفاق أن ميلها المغناطيسي يساوى 90 درجة فلآحظ وجود صخور لها ميل مغناطيسي يساوى 20 درجة عند القطب الشمالي مما يدل علي حدوث زحزحة قارية.

ثانياً : المناخ القديم

في المناخ الحالي تنتظم الأحزمة المناخية في نطق متوازية تمتد من الشرق للغرب وتتدرج من المناخ الإستوائي ثم المناخ المداري ثم المناخ المعتدل ثم المناخ المتجمد القطبي ، وهي متوازية مع خط الإستواء ومتمركزة حول قطبي الأرض.

بينما أمكن التعرف علي المناخ القديم وعلي نطاقاته المختلفة ووجدناها إختلفت فى أوضعها عن الوضع الحالي بالنسبة لقطبي الأرض وخط الإستواء ، وهذا يثبت أختلاف كتل اليابسة عن وضعها الآن بسبب ظاهرة الإنجراف القاري ، وذلك من خلال دراسة :-

1. المتبخرات القديمة : هي عبارة عن رواسب ملحية تراكمت علي هيئة طبقات نتيجة تبخر المحاليل الحاوية علي تلك الأملاح في مناطق مناخية جافة (مناطق مدارية) ، حيث توجد حالياً في مناطق شديدة البرودة شمال أوروبا وكندا.
2. أحافير الشعب المرجانية : وهي لا تتواجد إلا في بيئة مدارية بينما توجد حالياً قرب المنطقة القطبية مما يدل علي إن هذه المناطق كانت في بيئة مختلفة عن وضعها الحالي.
3. طبقات الفحم : وهي لا تتواجد إلا في بيئة إستوائية بينما توجد حالياً قرب المنطقة القطبية مما يدل علي إن هذه المناطق كانت في بيئة مختلفة عن وضعها الحالي.

ثالثاً : البناء الجيولوجي للقارات

لآحظ الفريد فيجنر التشابه الشديد بين تعرجات الساحل الغربي لقارة أفريقيا وأوروبا مع تعرجات الساحل الشرقي لقارة أمريكا الجنوبية وأمريكا الشمالية كما لو كانت قطعة واحدة وتفككت ، ولأحظ أيضاً التشابه بين صخور القارات المختلفة وبقايا الحياة القديمة بها (أي تشابه الحفريات الموجودة في هذه الصخور) ، ومن أمثلة ذلك التشابه بين سلاسل جبال جنوب أفريقيا شرقاً مع سلاسل جبال أستراليا وكذلك التشابه بين سلاسل جبال جنوب أفريقيا غرباً مع سلاسل جبال جنوب أمريكا الجنوبية (الأرجنتين).

نظرية الآلواح التكتونية *Tectonic Plates*

تعتبر نظرية الألواح التكتونية من أكثر النظريات إنتشاراً وقبولاً بين الجيولوجيين نظراً لإمكانية تحقيق أفتراضاتها علي ما هو قائم علي الأرض ، وتكتسب أهميتها من أنها أعطت تفسيراً موحداً للظواهر السطحية الرئيسية علي الكرة الأرضية ، كما إنها تعتبر إحدي النظريات التي تخص الغلاف الصخري للأرض ، و قد بنيت هذه النظرية علي نظرية الإنحراف القاري.

تقدم بهذه النظرية العالم إيزاكس وأوليفر وسايكس عام 1968 م ، وتنص هذه النظرية علي أن الأرض تمتلك طبقة خارجية صلبة يصل سُمكها إلي حوالي 100 كم وهي مكونة من الغلاف الصخري *Lithosphere* ، ويتحرك الغلاف الصخري فوق غلاف مرن سائل يُسمى الغلاف المائع *Asthenosphere* ، كما أن الغلاف الصخري يعتبر الأكثر صلابة والأقل حرارة علي عكس الغلاف المائع.

إذن مما سبق نستنتج أن سمك الآلواح التكتونية حوالي 100 كم وهي تتكون من القشرة الأرضية (قارية و محيطية) والجزء العلوي من الوشاح ، وتم تقسيم الغلاف الصخري للأرض إلي عدة صفائح عُرفت بالآلواح التكتونية ، وعدد هذه الصفائح سبعة أو ثمانية صفائح كبيرة بالإضافة إلي عدد من الصفائح الصغيرة ، وحركة هذه الصفائح هي التي ينتج عنها حدوث الزلازل والبراكين ، كما أنها هي التي تتشكل من خلالها الجبال و الخنادق.

والألواح التكتونية أما أن تكون :-

1. **ألواح قارية *Continental Plates* : وهي الألواح التي توجد علي اليابسة مثل اللوح الافريقي.**
2. **ألواح محيطية *Oceanic Plates* : وهي الألواح التي توجد بقاع المحيط مثل اللوح المحيطي الهادي.**

حيث أمكن من دراسة وتسجيل مراكز الزلازل علي خريطة العالم تحديد سبعة ألواح تكتونية كبيرة وهي : اللوح الافريقي واللوح الأمريكي الشمالي واللوح الأمريكي الجنوبي واللوح الاسترالي واللوح الاوربي الآسيوي (الاوراسي) واللوح القطبي الجنوبي واللوح الهادى.

والمبدأ الأساسي لهذه النظرية يعمل علي فصل كافة الصفائح التكتونية عن بعضها البعض ، وتتحرك هذه الصفائح ببطء شديد بالنسبة إلي بعضها البعض ، حيث تتراوح حركة هذه الصفائح لمسافة تصل إلي 40 مم في السنة ، وهناك أماكن أخري تتسم بالحركة الأسرع ، ويُسبب هذا التحرك وإن كان بطيئاً قدراً هائلاً من التشوه عند حدود الصفائح مما يسبب بدوره إلي حدوث زلازل.

شرح آلية حركة الألواح التكتونية

تتحرك الألواح التكتونية بسبب الحرارة الشديدة في لب الأرض والتي تُسبب حركة طبقة الستار الذي يتميز بأنه يحتوي علي مواد منصهرة تشكلت بفعل درجات الحرارة المرتفعة في تلك الطبقة ، وعندما تنصهر المواد في طبقة الستار فإن كثافتها تقل ثم ترتفع إلي أعلي ثم ينزل مكانها مكونات أكثر كثافة ، ثم تزداد الكثافة عند الصعود إلي أعلي ثم تنزل مرة أخري لآسفل وهكذا فتغوص في الستار مكونة ما يُسمى بتيارات الحمل الحراري *Convection Currents* والتي تعد السبب الرئيسي لحركة هذه الصفائح.

إذن مما سبق نستنتج أن سبب حركة الآلواح التكتونية هو التباين في توزيع درجات الحرارة في طبقة الستار فتتكون تيارات الحمل الدورانية في الطبقة العليا من الستار.

حدود الصفائح التكتونية *Tectonic Plates Boundaries*

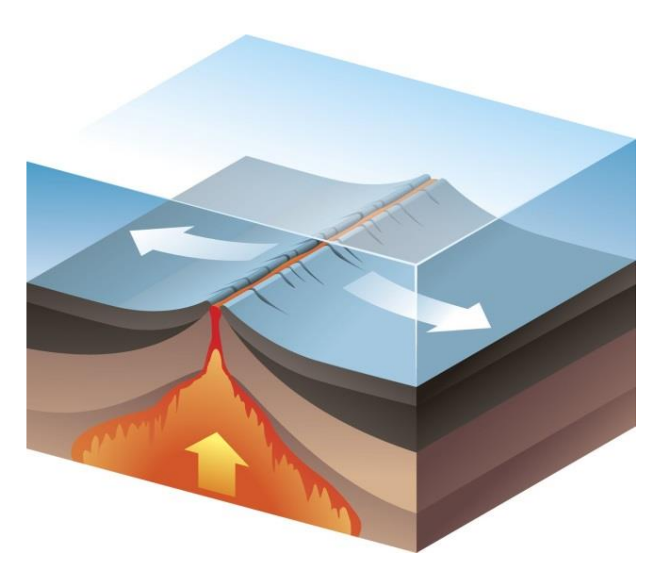
تعرف الحدود بأنها مكان التماس بين الصفائح التكتونية ، ويمكن تقسيم هذه الحدود تبعاً لكيفية تحرك الصفائح التكتونية الواحدة بالنسبة إلي الأخري إلي ثلاث أنواع رئيسية :-

أولاً : الحدود التباعدية (البناءة) *Divergent Plate Boundaries*

أي أن الألواح التكتونية تتباعد عن بعضها البعض في أتجاهين متضادين ، ويحدث هذا التباعد بسبب تصاعد الصخور المنصهرة الساخنة إلي ارتفاعات حيود وسط المحيط *Mid-ocean Ridges* مما يؤدي إلي تباعد الصفائح عن بعضها ، وتعرف بإسم الحدود البناءة نظراً لأنها تساهم في بناء القشرة الأرضية وينشأ عنها لوح محيطي جديد.

وأقرب مثال لذلك هو أن عند تباعد قارة أفريقيا عن أمريكا الجنوبية نشأ المحيط الأطلسي ، وكانت الهند قديماً تابعة لقارة جندوانا ثم أنفصلت عنها وتباعدت ونتيجة هذا التباعد عن باقي قارات جندوانا نشأ المحيط الهندى.

وقد يحدث التباعد بين لوحين قارين مثل تباعد اللوح العربى (شبه الجزيرة العربية) عن اللوح الافريقي ونتيجة هذا التباعد تَكون البحر الأحمر ، ومعدل التباعد بين اللوح العربي واللوح الافريقي هو (2.5 سم / سنة) مما يدل علي أن البحر الاحمر في حالة إتساع مستمر ويصبح محيطاً بمرور السنين.



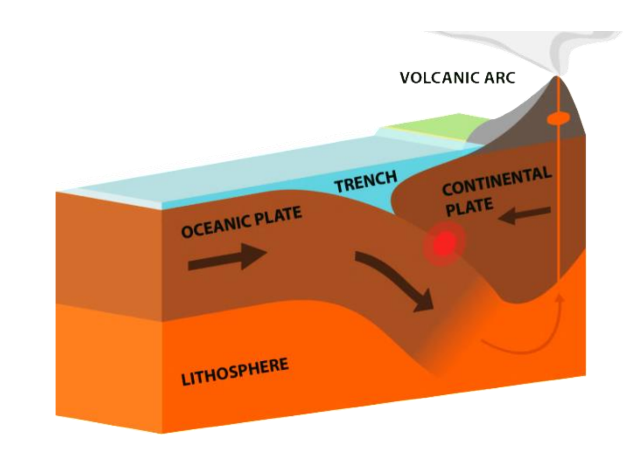
ثانياً : الحدود التقاربية (الهدامة) *Convergent Plate Boundaries*

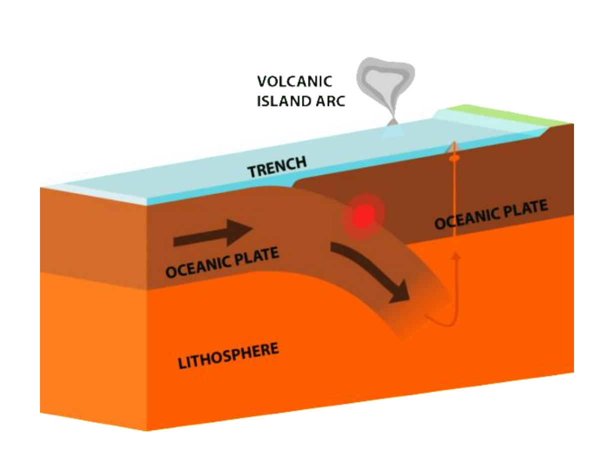
أي أن الألواح التكتونية تتقابل أو تتصادم مع بعضها البعض ، وقد سميت حدود تقارب نظراً لتقارب اللوحين المتقابلين مما يؤدي إلي إنزلاق أحدهما تحت الآخر أو تصادم أحدهما مع الآخر ، وقد تسمى أيضاً حدود هدامة نظراً لأن جزء من القشرة الأرضية المتكون بالفعل يعود لينصهر ويذوب في الوشاح وهو ما يمثل هدماً لما هو موجود بالفعل.

ويمكن تقسيم حركة تقارب الصفائح إلي ما يلي :-

1. **عند تقارب لوح قاري مع لوح قاري : يحدث تصادم بينهما ونتيجة لذلك تتكون سلاسل جبالية مثل جبال الهيمالايا في الهند التي نشأت نتيجة تقارب الهند من قارة أوراسيا.**
2. **عند تقارب لوح محيطي مع لوح محيطي : ينزلق اللوح المحيطي الأكثر كثافة تحت اللوح المحيطي الأقل كثافة مما يؤدي إلي إنصهار اللوح المنزلق إلي أسفل وينتج عن ذلك ثوران البراكين تحت سطح الماء مما يؤدي إلي تكون جزر بركانية.**

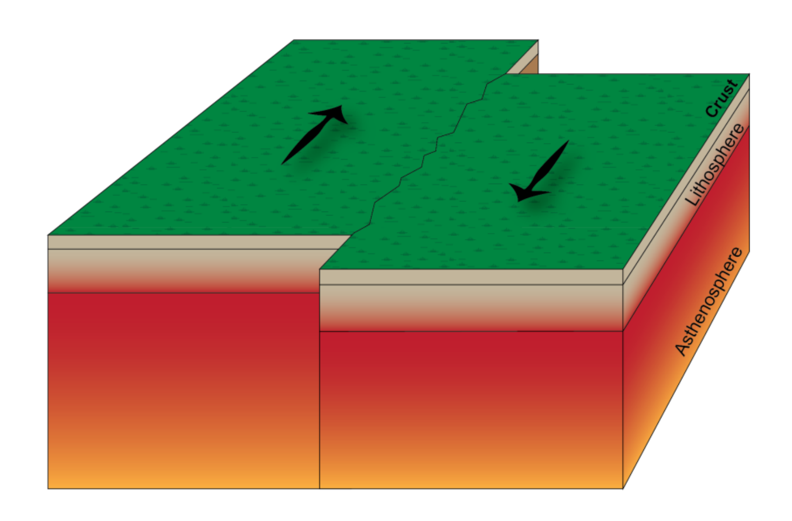
3. عند تقارب لوح محيطي مع لوح قاري : ينزلق اللوح المحيطي تحت اللوح القاري ؛ لأن اللوح المحيطي أكبر كثافة من اللوح القاري فتنزل الصفيحة المحيطية إلي الوشاح مما يجعلها تتعرض إلي درجات حرارة عالية علي عمق ما يُقارب 160 كم وبالتالي تبدأ الصفيحة بعملية الإنصهار الجزئي ، فتبدأ الصهارة في الصعود إلي أعلي وإذا وصلت إلي السطح دون أن تتصلب فسوف تتحول إلي ثوران بركاني ، ومن الأمثلة الناتجة عند هذه الحدود سلسلة جبال الأنديز في أمريكا الجنوبية.





ثالثاً : الحدود التحويلية *<u>Transform Plate Boundaries</u>*

تسمى أيضاً بالحدود المحافظة لأنه لا ينتج عنها زيادة ولا نقص في حجم القشرة الأرضية وإنما هي تحركات جانبية أفقية ، وينتج عن هذه الحركة أحتكاك شديد جداً مما يؤدي إلي حدوث الزلازل ، ومن أشهر أمثلة هذه الحركات حد مدينة سان أندرياس في ولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية.



الخاتمة

وصلنا إلي نهاية هذا الكتاب المتعلق بدراسة علم الـجـيـولـوجـيـا وفروعها المختلفة بشكل مبسط جداً ، حيث يعد هذا الكتاب مرجعاً بسيطاً سهلاً يسيراً في فرع من فروع العلم وهو علوم الأرض " الجيولوجيا " ، أهتم به العرب قديماً فـتـمـيـزوا وسادوا وأهتم به الغرب حديثاً فـنـالـوا الجدارة ، ونتوجه بهذا الكتاب إلي القاري العربي حيث إنه نادراً ما تجد مرجعاً معرباً في مثل هذه العلوم ، ونتوجه به علي وجه الخصوص إلي طلاب أقسام العلوم الجيولوجية.

هذا... وإن أخطأتُ في بعض الجُزئيات فما زلتُ أتعلَّم ، والقصور من طبيعة البشر.

أعداد وتاليف

م. أحمد السيد عبد المجيد

LinkedIn